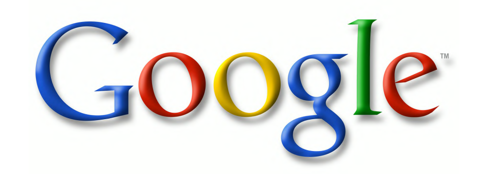


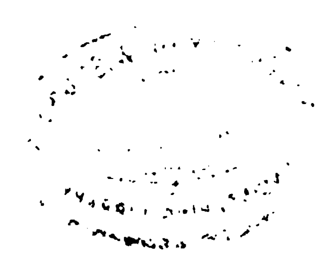



UNIVERSITY OF WISCONSIN
No. 30
ENGINEERING LIBRARY

HANDBUCH

FÜR DEN

PRAKTISCHEN MASCHINEN-CONSTRUCTEUR.





HANDBUCH

FÜR DEN

PRAKTISCHEN MASCHINEN-CONSTRUCTEUR.

EINE SAMMLUNG

DER WICHTIGSTEN FORMELN, TABELLEN, CONSTRUCTIONSREGELN UND BETRIEBSERGEBNISSE FÜR DEN MASCHINENBAU UND DIE MIT DEMSELBEN VERWANDTEN INDUSTRIEZWEIGE.

UNTER MITWIRKUNG

ERFAHRENER INGENIEURE UND FABRIKDIRECTOREN

HERAUSGEGEBEN

VON

W. H. UHLAND,

Civil-Ingenieur und Chef-Redacteur des „Praktischen Maschinen-Constructeur“ etc.

II. BAND.

HOCHBAU, HEIZUNG, BELEUCHTUNG UND LÜFTUNG, WASSER-, STRASSEN- UND EISENBAHNBAU, BRÜCKENBAU, HEBEAPPARATE, SCHIFFBAU.

MIT 1162 TEXTFIGUREN UND 9 TAFELN IN PHOTOLITHOGRAPHIE.

LEIPZIG, 1883.

BAUMGÄRTNER'S BUCHHANDLUNG.

Vorwort zu Band II.

In Band II des „Handbuchs“ sind ausser dem Hochbauwesen hauptsächlich diejenigen Zweige der Technik behandelt, welche man im allgemeinen als Ingenieurwissenschaften bezeichnet. Wenn ich mir in der Wahl des Stoffes für diesen Band etwas weite Grenzen gezogen habe, so sah ich mich hierzu durch specielle Wünsche veranlasst, welche die Rücksichtnahme auf die Bedürfnisse solcher Techniker befürworteten, die öfters in die Lage kommen, sich mit den verschiedenartigsten Objecten — sei es auch nur mit Reparaturen — zu befassen, und daher grossen Werth darauf legen, sich wenigstens einigermassen über Construction und Anordnung derselben orientiren zu können. Mit Rücksicht auf derartige Bedürfnisse sind die Abschnitte Eisenbahn-, Strassen- und Brückenbau sowie Schiffbau in das Handbuch aufgenommen worden. Das Erscheinen des Werkes in Lieferungen brachte es ferner mit sich, dass der Raum für jedes Capitel schon vor der Bearbeitung ziemlich genau bestimmt und demzufolge der Stoff an manchen Stellen mehr, als mir selbst erwünscht war, zusammengedrängt werden musste, ein Umstand, der nicht ohne Einfluss auf die Disposition des Textes wie auf die der Tafeln bleiben konnte. Die erwähnte Nothwendigkeit möge zugleich, in Verbindung mit den durch die verschiedene Auffassungsweise der Bearbeiter bedingten Abweichungen, als Entschuldigung für einige Ungleichmässigkeiten in der Behandlung des Stoffes dienen.

Leipzig, im August 1883.

Der Herausgeber.

Berichtigungen und Ergänzungen zu Band II.

S. 3 Z. 4 v. o. lies: 1 Esel 150—200 kg statt: 1 Esel 15—20 kg.
„ 3 „ 5 v. o. lies: 1 Ochse 600—700 kg statt: 1 Ochsen 60—70 kg.
„ 3 „ 7 v. o. lies: 2000—3000 kg und 600—1000 kg statt: 200—300 kg und 60—100 kg.
„ 5 „ 3 v. o. lies: 3 Stein stark = 77 cm statt: 3 Stein stark = 74 cm.
„ 18 „ 4 v. u. lies: Fig. 90 und 91 statt Fig. 73 und 74.
„ 29 „ 11 v. u. lies: (S. 31) statt: (S. 32).
„ 30 „ 13 v. u. lies: Fig. 215—216 statt: Fig. 215—215.
„ 35 „ 3 v. o. lies: Druckstreben statt: Druckstreber.
„ 45 „ 11 v. o. lies: Stickstoff = 0,2438 statt: Stickstoff = 0,2348.
„ 50 „ 21 v. u. lies: Fig. 304—307 statt: Fig. 303—306.
„ 51 2. Tabelle, 1. Spalte von rechts lies: Rostes statt: Stoffes.
„ 59 Z. 5 v. o. 2. Spalte von rechts lies: 46 statt: 47.
„ 60 „ 13 v. o. lies: $h = 18{,}1 \frac{18{,}1 + l}{14{,}07\,d - 1}$
statt: $h = 16{,}3 + \frac{16{,}3 + l}{16\,d - 1}$.
„ 67 „ 4 v. o. nach Oberfläche lies: in qm.
„ 74 „ 11 v. u. lies: Kückens statt: Rückens.
„ 76 „ 27 v. o. lies: 20—24 qm statt: 20—24 cbm.
„ 81 „ 9 v. o. lies: 0,003665 statt: 0,003663.
„ 90 „ 14 v. u. lies: Ammoniak statt: Ammonak.
„ 93 „ 7 v. o. lies: Pratze statt: Bratze.
„ 95 „ 26 v. u. lies: Exhaustor statt: Exhauster.
„ 97 „ 27 v. u. lies: Bypassregulator statt: Beipassregulator.

S. 105 Z. 2 v. u. lies: $x = \frac{l}{g-1}(\sqrt{g} - 1),\ x = \frac{l}{\sqrt{g} + 1}$
statt: $x = \frac{1}{g-1}(\sqrt{g} - 1),\ x = \frac{l}{\sqrt{g+1}}$.
„ 133 „ 7 v. u. lies: Galle'sche statt: Gall'sche.
„ 137 „ 5 v. o. lies: Fig. 784 statt: Fig. 783.
„ 137 „ 24 v. o. lies: 785—788 statt: 784—787.
„ 137 „ 25 v. o. lies: 0,5 m statt: 1,5 m.
„ 175 „ 2 v. u. lies: Fig. 977 statt: Fig. 976.
„ 176 „ 21 v. o. lies: der kleineren Flasche statt: einer Flasche.
„ 182 „ 19 v. u. lies: Galle'schen statt: Gale'schen.
„ 187 „ 28 v. o. lies: zwei seitliche statt: zweier seitlicher.
„ 188 „ 12 v. o. lies: $P = Q \frac{a}{h_1} + G \frac{b}{h_1}$
statt: $P = Q \frac{a}{h_1} + G \frac{b}{h}$.
„ 198 „ 6 v. u. lies: 0,54—0,7 statt: 0,5—0,66.
„ 198 „ 5 v. u. lies: 0,6—0,76 statt: 0,5—0,66.
„ 201 „ 16 v. u. lies: $M D = {}^4/_9 \triangle x \frac{1}{V} ({}^1/_2 y_0{}^3 + 2 y_1{}^3 + y_2{}^3 + 2 y_3{}^3 + \dots + 2 y_{2n-1}{}^3 + {}^1/_2 y_{2n}{}^3)$
statt: $M D = {}^4/_9 \triangle x \frac{1}{V} ({}^1/_2 y_0{}^3 + 2 y_1{}^3 + y_2{}^3 + 2 y_3 + \dots + 2 y_{n-1}{}^3 + {}^1/_2 y_{2n}{}^3)$.
„ 202 „ 28 v. u. 3. Spalte lies: 790 statt: 780.
„ 214 „ 8 v. o. lies: Bassermann statt: Bastermann.

Inhalts-Verzeichniss.

I. Hochbau.

II. Feuerungsanlagen.

III. Heizung und Lüftung.

IV. Beleuchtung.

V. Wasserbau.

VI. Wasserversorgung.

VII. Baumaschinen.

VIII. Strassenbau, Eisenbahnbau und Betrieb.

IX. Brückenbau.

X. Anlage von Fabrik- und Grubenbahnen.

XI. Hebeapparate.

XII. Schiffbau.

I. Hochbau.

A. Fundirung der Gebäude.

1. Der Baugrund.

Die Festigkeit und Dauer eines jeden Baues ist in hohem Grade von der mehr oder weniger guten Beschaffenheit des Baugrundes abhängig. Ist derselbe im natürlichen Zustande nicht tragfähig genug, so muss er künstlich befestigt werden, derart, dass durch eine gleichmässige Vertheilung des auf ihn wirkenden Druckes ein gleichmässiges Setzen des Bodens bewirkt wird.

Man unterscheidet folgende Arten des Baugrundes:

1. **Fels**; bester Baugrund, falls er aus keiner der Witterung ausgesetzten Bergart besteht; bei genügender Ausdehnung und bis 3 m Mächtigkeit kann derselbe die schwersten Gebäude tragen, jedoch hat man sich zu versichern, dass nicht etwa infolge Wasserzuflusses ein Abrutschen auf einer Lehm- oder Thonschicht erfolgen kann.

2. **Sand** ist selbständig tragfähig bei 4 bis 6 m Mächtigkeit.

a) Kies- oder grober Sand gehört auch noch zu den festen Baugründen. Bei genügender Mächtigkeit und wenn derselbe von festem Erdreich umgeben ist, erfordert er nur etwa 1 m tiefe Grundmauern. Wasser, besonders fliessendes Wasser, welches auf sein Lager einwirken kann, vermindert die Tragkraft.

b) Feiner Sand kann bei gleichförmiger bedeutender Ausdehnung noch schwere Gebäude tragen; wird er jedoch vom jährlichen Steigen oder Fallen des Grundwassers irgendwie beeinflusst, so vermindert dies seine Tragfähigkeit noch mehr als die des groben Sandes. Sand, welcher fortgewaschen oder geweht werden kann, ist selbstverständlich kein guter Baugrund.

3. **Thon-**, **Lehm-** und **Mergel-Grund** ist im absolut trockenen Zustande und dann in 2,5—3 m Mächtigkeit zuverlässig.

4. **Gartenerde** oder **Ackerkrume** unterliegt der Verwitterung, ist daher unter allen Umständen bis zum „gewachsenen Boden" zu entfernen.

5. **Sumpf-**, **Moor-** und **Torf-Grund** ist stets, falls man nicht auf festen Boden gelangen kann, künstlich zu befestigen.

6. **Aufgeschütteter Boden** ist selbst nach langen Jahren noch unzuverlässig, daher muss auch hier unter allen Umständen der Boden befestigt, bez. der feste Boden aufgesucht werden.

Wenn keine Erfahrungen über den Baugrund vorliegen, hat man denselben selbst zu untersuchen und zwar

1. durch **Aufgraben**,
2. „ **Visitiren mittelst des Visitireisens**,
3. durch **Einschlagen von Probepfählen**,
4. „ **Bohren mittelst des Erdbohrers**.

2. Anlage der Fundamente.

Das Fundamentiren erfolgt, nachdem der Baugrund geprüft ist. Die Wahl der Gründung hängt ab von der Art des Gebäudes, von den vorhandenen Baumaterialien, Hilfsmitteln und ganz besonders von dem Vorhandensein von Wasser (fliessend, Quell- und Grund-Wasser).

Zur leichteren Uebersicht möge nachstehende Tabelle dienen.

Tabelle über Fundamentirung.

	Boden an der Oberfläche fest.	Boden in erreichbarer Tiefe fest.	Boden in nicht erreichbarer Tiefe fest.	Bemerkungen.
Wasser nicht vorhanden.	Unmittelbares Mauern an der Oberfläche.	1. Aufgraben bis z. fest. Boden u. volles Mauerwerk. 2. Desgl. und einzelne Pfeiler mit Erdbögen. 3. Eiserne Pfähle.	1. Verbreiterung des Mauerwerks. 2. Breite Betonlage. 3. Trockene Steinpackg. 4. Sandfundament. 5. Verkehrte Gewölbe.	Kein Holz verwenden!
Wasser vorhanden, als Grundwasser od. offenes Wasser, aber auszuschöpfen.	1. Unmittelbares Mauern. 2. Einzelne Pfeiler mit Erdbögen. 3. Schwacher Beton z. Dichtung der Quellen.	1. Tiefer Pfahlrost. 2. Pfähle mit Beton oder Steinen dazwischen u. darüber. 3. Beton nur zur Dichtung der Quellen.	1. Liegender Rost. 2. Breite Betonlage. 3. Steinpackung. 4. Sandfundament. 5. Verkehrtes Gewölbe. 6. Pfahlrost oder Pfähle zur Verdichtung des Bodens.	Holz unter Wasser zulässig, Wasserschöpfen ev. mit Abdämmung. Genaue Arbeit möglich.
Wasser vorhanden, aber nicht auszuschöpfen.	1. Steinbettung 2. Steinversenkung. 3. Beton. 4. Caisson direkt auf d. Boden. 5. Eiserne Pfähle.	1. Hoher Pfahlrost. 2. Pfähle mit Beton od. Steinen. 3. Eiserne Pfähle. 4. Steinschüttung } vorher 5. Steinversenkg. } Bag- 6. Beton } gerung 7. Caisson auf Pfählen. 8. Senkbrunnen v. Holz, Stein, Eisen. 9. Pneumatische Fundirung.	Belastung des Bodens und Verbreiterung des Mauerwerks.	Holz unter Wasser zulässig. Weniger genaue Arbeit, wenn nicht mit Tauchern.

Die einfachste und die am wenigsten der Vorkehrungen bedürftige Art der Fundirung ist das unmittelbare Mauern, welches bei festem Boden ohne Wasserzudrang, bei Fels, Sand und durchaus trockenem Lehm und Thon erfolgt. Man hebt die Grube etwas breiter mit den erforderlichen Böschungen und wenigstens 1 m tief (gegen das Eindringen des Frostes) aus und mauert das Fundament. Auf Felsboden wird nach Entfernung der Erde sofort auf das rauh gehauene Gestein (damit der Mörtel binden kann) gemauert.

In Bezug auf das **Fortschaffen der Erde** aus der Baugrube kommen folgende Werthe in Betracht:

Es kann ein Arbeiter bei 15—30 m Entfernung und bei 2 m Tiefe in einer Stunde die nachstehende Anzahl Karrengänge machen, d. h. feste Erde ausgraben, verkarren, in Haufen aufstellen und leer zurückkarren. Ein Karren fasst 0,12 cbm lockere Erde, wozu etwa 0,06 cbm fester Boden gehören.

Tabelle über Erdtransport.

No.	Bodenart	Anzahl der Karrengänge	In 10 Stunden Arbeitszeit entfernt 1 Arbeiter:	Gewicht der Bodenart pr. cbm
1	Leichter Boden	bis 16	10 cbm	locker und mager . . 1300 kg Gartenerde { trocken . 1600 „ Gartenerde { frisch . . 2050 „
2	Fester Boden	bis 14	9 cbm	{ trocken . . . . . . 1950 kg { frisch . . . . 2050 „
3	Kiessgrund	bis 12	7,5 cbm	gew. Sand . . . . . 1630 kg
4	Lehm und Thon	bis 10	6,1 cbm	Thon { reiner Thon . 1440 kg Thon { gemeiner Thon 1900 „ Lehm { erhärtet . . . 1520 „ Lehm { fett . . . . 1650 „
5	Sumpf und Torf	bis 8	5 cbm	durchschnittlich . . . 1300 kg
6	Aufgeschütteter Boden, Bauschutt etc.	bis 6	3,75 cbm	ca. 1800 kg

Ein Mann braucht zum Aufladen in Schiebekarren 32 Min. pr. cbm
Kippkarren 40 „ „ „
Wagen 48 „ „ „

Als Zugkraft kann man rechnen für 1 Esel 15—20 kg bei 0,63—0,71 m Geschwindigkeit,
„ 1 Ochsen 60—70 „ „ 0,47 m „ pr. Sec.

Bei Entfernungen über 300 m ist ein Zweigespann Pferde anzuwenden; ein solches zieht auf chaussirter und gepflasterter Strasse 200—300 kg auf schlechtem Sandweg . . . . 60—100 kg „ trocknem festem Feldweg . . 140—200 „ dasselbe legt zurück: beladen 1 km in 20 Min.
unbeladen 1 „ „ 16 „
und kann einschl. Auf- und Abladen 12 Stunden angespannt sein und täglich 30 km zurücklegen.

Für jeden Grad Steigung kann man 20% Zuschlag zu den obigen Werthen rechnen.

Die **Berechnung des Bodens** bei Anlage der Fundamente kann man, falls die Erde nicht aus beträchtlicher Höhe in mehreren Absätzen gefördert wird, so vornehmen, dass man zum berechneten Inhalte der Bankettmauern $1/3$ ihres Cubikinhaltes für die Dossirung hinzurechnet, wozu dann noch $1/3$—$1/2$ des Cubikinhaltes für die Auflockerung kommen. (1 cbm feste Erde = $1\,1/3$—$1\,1/2$ cbm lockere Erde.)

Ist der Baugrund nicht fest, sondern muss erst künstlich hergestellt werden, so erfolgt dies, wenn das Wasser ganz ohne Bedeutung ist oder ganz fehlt, 1. durch Comprimiren des Bodens mittelst schwerer Lasten. Das Verfahren ist jedoch wenig wirksam; 2. durch Comprimiren mittelst eingeschlagener Pfähle, Füllpfähle (unter Wasser!) oder festgerammter Steine hochkantig und reihenweise übereinander gestellt; 3. durch Entfernen des schlechten Bodens, der dann durch eine Schüttung von Sand, Stein oder Beton ersetzt wird. Hat man beim Fundamentiren mit vielem **Wasser** zu kämpfen, so ist zunächst zu erwägen, ob das Wasser fortzuschaffen, oder ob die Schwierigkeit durch eine andere Fundirungsart zu umgehen ist. Hat man sich für das erstere entschieden, so beobachte man Vorsicht, damit der Boden nicht aufgelockert wird durch Quellen, die durch das Aufheben des Gleichgewichtes im Wasser entstehen; in diesem Falle hilft dann auch kein Verstopfen der Quelle (durch Einschlagen eines Pfahles oder Thon und Betonstopfung).

Das Wasser wird in der Baugrube in einem tieferliegenden Theil, dem „Sumpfe", angesammelt und von dort ausgeschöpft.

Bei Hochbauten genügen meist einfachere Abdämmungen; im Uebrigen sei auf den Abschnitt „Wasserbau" verwiesen. Wir erwähnen hier nur die einfachen Fangdämme sowie Spundwände, die immer in solcher Stärke und Höhe ausgeführt werden müssen, dass sie auch bei dem grössten, während der Bauzeit möglichenfalls vorkommenden Wasserstande widerstandsfähig bleiben.

Ein **Fangdamm** hat bis 2,2 m Höhe gleiche Breite und Höhe; bei grösserer Höhe ist die Breite

$$= 1{,}25 \text{ m} + \frac{1}{2} \text{ Höhe.}$$

Pfähle sind in 1,25 m Abstand, 1,3—2 m tief einzuschlagen; Zangen haben 1,25 m Abstand.

Eine **Spundwand** erfordert auf 1 m lfnd. 5 Stück Halbholzpfähle 24 cm. breit, oder ebensoviel Ganzholzpfähle 25 cm breit, oder für den lauf. m 3—4 Stück 11 cm starke, 31 cm breite Bohlen und 1 m Ganzholz für Holme.

In Bezug auf die Wasserförderung und dazu angewendete Maschinen ist Ausführliches in den Abschnitten „Wasserbau" und „Wasserförderung" zu finden.

Nachdem der Baugrund zur Aufnahme des Fundamentes hergerichtet und das Arbeiten ermöglicht ist, beginnt das eigentliche Legen des Fundamentes.

In allen diesen besprochenen Fällen war der feste Boden erreichbar; hat man jedoch einen künstlichen Baugrund zu schaffen, so wird hierdurch die Arbeit bedeutend schwieriger. Die künstlichen Fundirungs-Arten sind ebenfalls in dem Abschnitte „Wasserbau" eingehend besprochen.

Die **Fundamentmauern** müssen so breit gehalten werden, dass sie den gewachsenen Erdboden mit höchstens 25 000 kg pro qm belasten. Sie werden nach Maassgabe der nebenstehenden Zeichnungen Fig. 1—4 angeordnet. Jede Abtreppung springt um $1/2$ Stein vor (15 cm bei Bruchstein) und misst in der Höhe 0,3 bis 0,5 m. Das **Banket** *B* wird 0,2 bis 0,3 m hoch und im Ganzen etwa 12—20 cm breiter als das übrige Fundament.

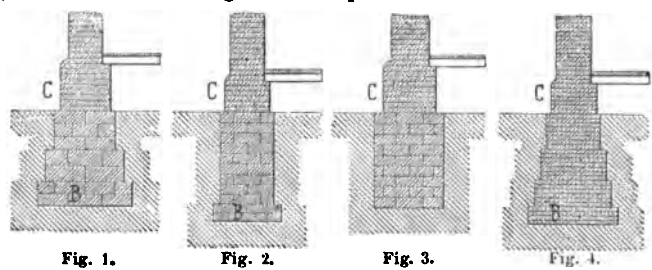


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

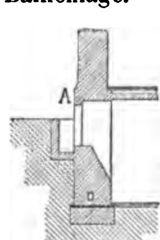
Den **Sockel** *C*, d. i. der über dem Erdboden befindliche Theil der Fundamentmauer, macht man nach jeder Seite 7,5 cm—10 cm stärker als die eigentliche Mauer; Mittel- und Scheidewände werden im Keller auch $1/2$ Stein stärker gemacht und erhalten Banketverbreiterung.

Wenn ein Kellergeschoss angelegt werden soll, ist eine Abtreppung nur an der äusseren Seite

des Mauerwerks gestattet. Die Kellersohle darf der Regel nach nicht unter 0,3 m über dem höchsten Grundwasserstand liegen.

Wenn **Kellerräume** in dem zu erbauenden Gebäude einzurichten sind, ist das Fundament höher zu mauern und tiefer hinab zu führen. Die Stärke richtet sich nach der Art der auszuführenden Keller, ob dieselben eine gewölbte oder eine Balken-Decke erhalten.

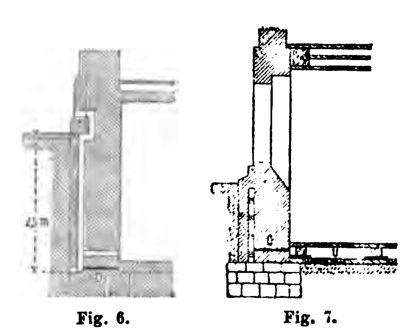
Die Höhe des Kellers nimmt man mindestens an zu 2,8—3 m vom Fussboden bis Oberkante Balkenlage.


Fig. 5.

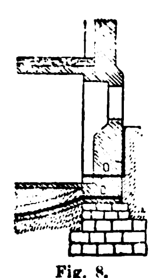
Die **Kellerfenster** sind so anzuordnen, dass die Unterkante der lichten Oeffnung noch 8—10 cm über der Erdgleiche liegt und über dem Fenster noch hinreichender Platz für den „Sturz", *A* Fig. 5, verbleibt. Soll trotz der sehr tiefen Lage des Kellers eine gute Beleuchtung erzielt werden, so lässt man das Fenster unter die Erdgleiche treten und mauert einen Lichtschacht, der dann gegen das Eindringen des Wassers zu schützen ist.

Das Fundamentmauerwerk muss ganz besonders gut mit **Mitteln gegen das Aufsteigen der Feuchtigkeit** in den Oberbau ausgestattet werden und bestehen diese in beständigem Austrocknen sowie in Isolirschichten (aus Cement, eingekochtem Theer mit Asche gut gemengt, oder einer 1,5 cm dicken Schicht Asphalt) in Verbindung mit Wasser nicht durchlassendem Mauerwerk (Klinkern, Beton). In den Figuren mit *O* bezeichnet. Welches von den Schutzmitteln man anwendet, richtet sich nach der Feuchtigkeit des Bodens und nach der Art der Benutzung der Keller.

1. Stecken die Kellerräume in etwas feuchtem Boden und werden sie nicht als Wohn-, Lager- und Arbeitsräume, sondern nur als Wirthschaftsräume benutzt, so genügt es, die Aussenmauer mit Klinkern in Cementmörtel und mit Cementputz zu versehen und Isolirschichten von Asphalt dicht über dem Kellerfussboden und 0,5 bis 0,75 m über dem Erdboden anzubringen. Ein 2—3maliger Anstrich der Innenmauer mit Steinkohlentheer, dem Asphalt beigemischt, soll auch sehr wirksam sein.


Fig. 6. Fig. 7.

2. Die Kellerräume sind nur wenig feucht, dienen aber als Aufenthaltsort für Menschen oder als Ställe; man hat dann die eben erwähnten Vorkehrungen zu treffen, ausserdem aber auch noch eine Verblendung von Hohlsteinen anzuordnen; besser ist es, einen Luftcanal anzulegen und das Wasser durch eine besondere Wand vom eigentlichen Fundamente abzuhalten (Fig. 6). Der Luftcanal hat ungefähr 8 cm Weite; die Mauer ist $^1/_2$ Stein stark. Sind Comptoire, Waarenniederlagen u. s. w. in dem Keller, so darf man die Kellermauern höchstens zu $^1/_2$, besser nur zu $^1/_3$ in die Erde versenken. Im Falle hölzerne Fussböden verwendet werden (Fig. 7), hat man das Fundament wie gewöhnlich mit Luftcanal u. s. w. herzustellen und den Fussboden mit flach verlegten Mauersteinen zu pflastern; sodann legt man in Entfernungen von 1 m nach jeder Richtung 2 Dachsteine neben einander und deckt dieselben mit Asphalt ab, auf dem dann das Fussbodenlager ruht. Die Luftschicht unter dem Fussboden ist mit der Ofenfeuerung in Verbindung zu setzen.


Fig. 8.

3. Sind die Fundamente in sehr feuchtem Grunde erbaut, zu Zeiten sogar vom Grundwasser gesättigt, so hat man ganz besonders gute Vorkehrungen zu treffen. Dem Wasserdrucke können nur umgekehrte Tonnengewölbe (Fig. 8) Widerstand leisten, die mit Isolirschichten auf der ganzen Fläche zu versehen sind. Falls das Grundwasser 6—20 cm unter dem Fundament bleibt, kann man das Gebäude auf eine dicke Betonschicht stellen, die dann noch mehrfach isolirt wird. Hartgebrannte glasige Klinker sind hier als bestes Material zu empfehlen.

Auf die so hergerichteten Fundamente werden alsdann die Mauern gesetzt.

B. Mauern und Wände.

1. Steinmaterial und Hauptarten der Steinwände.

In Deutschland gilt als **Normalziegelformat** ein Stein von 25 cm Länge, 12 cm Breite, 6,5 cm Dicke.

Als **Fugenstärke** wird angenommen für die Lagerfugen 1,2 cm und für die Stossfugen 1 cm, sodass 13 aufsteigend gemauerte Schichten gerade 1 m hoch werden.

Für die **Mauerstärke** legt man folgende Maasse zu Grunde:

1 Stein stark = 25 cm	2 1/2 Stein stark = 64 cm	4 Stein stark = 102 cm
1 1/2 „ „ = 38 „	3 „ „ = 74 „	4 1/2 „ „ = 116 „
2 „ „ = 51 „	3 1/2 „ „ = 90 „	5 „ „ = 129 „

Der Inhalt eines deutschen Normalziegels beträgt 1950 cbcm, sodass bei durchschnittlich 3% Bruch erforderlich sind, für

1 cbm volles Mauerwerk . . .	400 Steine	1 qm Fachwerk, 1/2 Stein stark zur Ausmauerung . .	35 Steine
1 qm volles Mauerwerk, 1/2 Stein stark	50 „	1 „ desgl. zur Ausmauerung u. Verblendung . .	90 „
1 „ desgl. 1 „ „	100 „	1 „ desgl. z. Ausm. ohne Verbl.	75 „
1 „ desgl. 1 1/2 „ „	150 „		
1 „ desgl. 2 „ „	200 „		

Im Ueberschlag ist anzunehmen, dass für 1 cbm. Frontmauer an Ziegeln erforderlich sind:

Wenn die Pfeiler zwischen den Fenstern dieselbe Breite erhalten, wie die Fenster selbst 270 Stück

Wenn die Pfeilerbreite 30 bis 50 cm grösser ist als die Fensterbreite . . . . 300 „

Wenn die Pfeiler 60 bis 80 cm breiter sind als die Fenster . . . . 320 „

Für Frontmauern mit Blendziegeln braucht man (in Bruchtheilen des ganzen Ziegelbedarfs)

an Blendsteinen	3/4,	1/2,	3/8,	3/10,	1/4,	3/4,	3/16
bei Ziegelstärke	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4.

Gewicht der vollen Wände pro qm Ansichtsfläche.

Art der Construction.	Gewicht.
Wand von 1 Stein Stärke in Schwemmsteinen und beiderseitig verputzt	280 kg
„ „ 1 „ „ „ Ziegelsteinen „ „ „	460 „
„ „ 1 1/2 „ „ „ „ „ „ „	670 „
„ „ 2 „ „ „ „ „ „ „	880 „
„ „ 2 1/2 „ „ „ „ „ „ „	1090 „
„ „ 3 „ „ „ „ „ „ „	1300 „

Bei Anwendung von **Hohlsteinen** trocknen die Wände bald aus; diese Steine halten auch den Schall und die Feuchtigkeit gut ab, aber sie sind etwa 25% theurer als Vollziegel, ihre Festigkeit verhält sich zu der des Vollziegels wie 11 : 17; sie sind leicht zerbrechlich und der Putz haftet an den glatten Wänden dieser Maschinensteine nicht gut. Man verwendet deshalb die Hohlsteine meistens nur als Isolir- oder Verblendschichten.

Poröse Ziegel sind bedeutend leichter als gewöhnliche Backsteine und eignen sich besonders zur Ausführung von Wölbungen an Stellen, wo keine starken Widerlager angebracht werden können. Auch verwendet man sie gern für freischwebende Hängewerkswände und massive Mauern auf Traversen. Ihrer Porosität wegen verbinden sie sich sehr leicht mit dem Mörtel.

Die aus **Feldsteinen** oder **Findlingen** erbauten Mauern besitzen eine geringe Festigkeit, weshalb man dieselben selten höher als 1,5 m macht. Gewöhnlich dienen die Feldsteine nur zu dicken Fundamentmauern und auch dazu sind sie erst dann brauchbar und vortheilhaft, wenn sie einigermassen lagerschichtige Flächen erhalten haben. Für 1 cbm volles Fundamentmauerwerk sind erforderlich 1,3 cbm regelmässig in parallelepipedischen oder pyramidalen Haufen aufgesetzte Steine und 160 l gelöschter Kalk.

Wenn **Kalksteine** durch die Witterung gelitten haben oder nicht dicht genug aufgesetzt sind, so rechnet man 1,33 bis 1,42 cbm auf 1 cbm Mauerwerk aus denselben. Von alten Kalksteinen werden 1,50 cbm auf 1 cbm Mauerwerk gerechnet.

Die **zulässige Inanspruchnahme** auf Druck beträgt pro qcm:

Poröse, leicht gebrannte Mauerziegel	3 bis 4 kg	Tufstein aus dem Brohlthale	6 kg
„ hart „ „ . .	7 „	Trachit vom Drachenfels	20 „
Gewöhnliche gute „ . .	6 „	Basaltlava von Niedermendig	45 „
Gut gebrannte Thonsteine	10 „	Granit	45 „
in Berlin gebräuchlich: Gute Rathenower Ziegel	14 „	Marmor	22—44 „
in Berlin gebräuchlich: Hegerminder Klinker	25 „	Basalt	75 „
in Berlin gebräuchlich: Rüdesdorfer Kalkstein . . .	23 „	Cementklotz, 2 Theile Sand, 1 Theil Cement, lufttrocken	3 „
Rother Bebraer Sandstein	16 „	Desgl. 3 Monate alt	9 „
Heller „ „	35 „	Glas	75 „
Rother Sandstein aus Halle	30 „	Nach berliner baupolizeilichen Vorschriften:	
Seeberger weisser Sandstein	36 „	Ziegelmauerwerk in Kalk	7 „
Sandstein von Adalfingen bei Trier . .	55 „	Bestes Ziegelmauerwerk in Cement .	14 „
Heilbronner Sandstein	27 „		

Mauern mit **Luft**- oder **Isolirschichten** haben sich in Norddeutschland bei sehr vielen besonders freistehenden Gebäuden als Mittel gegen das Eindringen der Feuchtigkeit und der Kälte ausgezeichnet bewährt. Die Hohlmauer wird durch den freien Zwischenraum (die Isolirschicht), welcher meistens 1/4, aber

auch $^1/_2$ Ziegellänge zur Breite erhält, in zwei Theile zerlegt; die äussere Wand muss mindestens 1 Stein stark sein, weil die $^1/_2$ Ziegel starken Wände sehr leicht durchnässt werden. Die innere Mauerhälfte bedarf nur einer halben Steinstärke.

In der Regel macht man die beiden Hälften der

$1^1/_2$ Ziegel starken Wände ausserhalb	1 Stein, innerhalb	$^1/_2$ Stein
2 „ „ „ „	1 „ „	1 „
$2^1/_2$ „ „ „ „	$1^1/_2$ „ „	1 „

stark. Die beiden Mauern werden durch Binder (Ankersteine genannt) zusammengehalten, deren innere Köpfe getheert sind, damit sie die Feuchtigkeit nicht durchlassen. Für 1 qm Mauerfläche sind etwa 16 Ankersteine erforderlich. Die Hohlschichtenanordnung vermindert allerdings etwas die Solidität der Mauer.

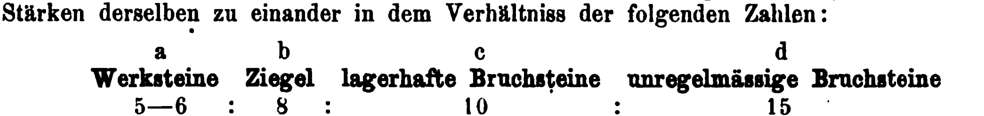
Die sog. **Pisé-Wände** sind geformte Massen, bei denen sich nach der Fertigstellung weder Schichtung noch Verband nachweisen lässt. Zu der Masse ist jede Lehm- und Erdart, welcher nicht zu viel Sand beigemengt ist, tauglich. Eine solche wird in dem Zustande eines dicken Breies mit kurzgehacktem Stroh vermischt, durch Treten gleichförmig gemacht, so zwischen zwei Holzwände gebracht und festgestampft. Nachdem die Masse getrocknet ist und sich gesetzt hat, ist die Mauer fertig. — Derartige Wände haben jedoch nicht den Erwartungen entsprochen, die man an sie stellte.

Pisémauerwerk erfordert pro cbm $1^1/_2$ cbm gegrabene Erde.

2. Stärke der massiven Mauern.

Der Witterungseinflüsse wegen sollten die **Umfassungsmauern** mindestens $1^1/_2$ Stein stark aufgeführt werden. Diese Stärke giebt man dem oberen Geschoss. Durchgängig und ohne Rücksicht auf Zimmertiefe sowie Breite erhält dann jedes untere Geschoss bei Ziegelmauerwerk $^1/_2$ Stein, bei Bruchstein 12,6 cm mehr als das nächst obere (Fig. 9).

Sind die Gebäude aus anderem Material als aus Ziegeln erbaut, so stehen die Stärken derselben zu einander in dem Verhältniss der folgenden Zahlen:



a	b	c	d
Werksteine	**Ziegel**	**lagerhafte Bruchsteine**	**unregelmässige Bruchsteine**
5—6 :	8 :	10 :	15

Die Stärke soll im Minimum sein bei

a) wenn die Arbeit sehr sorgfältig 20 cm
c) „ „ „ „ „ 45 „
d) „ „ „ „ „ 65 „

Nach Redtenbacher wird die **Mauerdicke** der Wohn- und Fabrikgebäude bestimmt, wenn

t die Tiefe des Gebäudes in verticaler Richtung zur Gebäudemitte gemessen,
h_3 h_2 h_1 u. s. w. die Höhen der Stockwerke in der Reihenfolge von oben nach unten gezählt und
v_3 v_2 v_1 die Mauerstärken der einzelnen Stockwerke bedeuten,

nach folgenden Formeln:

$$v_3 = \frac{t}{40} + \frac{h_3}{25};\; v_2 = \frac{t}{40} + \frac{h_3 + h_2}{25};\; v_1 = \frac{t}{40} + \frac{h_1 + h_2 + h_3}{25}$$

Fig. 9.

Wenn jedes Stockwerk 4 m hoch gemacht wird, so ergiebt dies folgende Tabelle:

Tabelle der Mauerstärken.

Stockwerke von oben gezählt	Dicke der Mauern, wenn die Gebäudetiefe misst:			
	6 m	8 m	10 m	12 m
1. Stock	0,31	0,36	0,41	0,46
2. „	0,47	0,52	0,57	0,62
3. „	0,63	0,68	0,73	0,78
4. „	0,79	0,84	0,89	0,94
5. „	0,95	1,00	1,05	1,10
6. „	1,11	1,16	1,21	1,26

Die **Seiten- oder Giebelmauern** kann man $^1/_2$ Stein schwächer anlegen, als die Frontmauern, auch können mehrere Geschosse gleiche Stärke erhalten. Unter 1 Stein stark macht man die Giebelwände nie, besser $1^1/_2$ Stein.

Bei **Treppenhausmauern** erhält die Aussenmauer in den beiden oberen Geschossen $1^1/_2$ Stein, in den unteren 2 Steine zur Stärke und ordnet man den Mauerabsatz unter dem Podest an. Die inneren Umgrenzungsmauern werden ebenso stark, wenn sie belastet sind, sonst macht man sie bei solider Verankerung und Mauerung mit Cementmörtel von unten bis oben 1, besser $1^1/_2$ Stein stark. Bei Sandsteinstufen, die freischwebend im Mauerwerk stecken, sind in den oberen Geschossen $1^1/_2$ Stein, in den unteren 2 Stein starke Mauern in Cementmörtel erforderlich.

Gemeinschaftliche Giebelmauern werden 1 Stein stark gebaut.

Brandmauern, welche Feuerungen einschliessen, werden 1½ Stein stark gemacht.

Freistehenden Mauern giebt man mindestens 1/12 besser 1/10 (bei Ziegeln) bez. 1/8 (bei Bruchsteinen) der Höhe zur Stärke. Für sehr lange Mauern ist der Winddruck zu berücksichtigen.

Bei **Pfeiler-Mauern** von etwa 3 m Höhe und 4—5 m Abstand der Pfeiler genügt, bei 2 Stein Pfeilerstärke, eine 1 Stein starke Füllung.

Die gegenseitige **Verankerung** der Unterstützungswände findet statt in Abständen von 3 bis 4,5 m.

Nachstehende Tabelle giebt die Mauerdicken in Steinstärken für die verschiedenen Arten von Mauern und Wänden an. Dabei heissen grosse Räume solche, die über 3,5—4,25 m Höhe bei 6 m Tiefe und 8 m Breite; kleine Räume solche, die unter 6 m Tiefe, 7 m Breite und 3,5 m Höhe haben.

Tabelle der Mauerstärken in Steinlängen.

Benennung der Mauern.	Die Stärke der Wände in Steinlängen:				
	4. Geschoss.	3. Geschoss.	2. Geschoss.	1. Geschoss (Parterre).	Kellergeschoss.
Frontwände.					
Bei 4 Geschossen und grossen Räumen	1½	2	2½	3	3½
„ 4 „ „ kleinen „	1½	1½	2	2	2½
„ 3 „ „ grossen „	—	1½	2	2½	3
„ 3 „ „ kleinen „	—	1½	1½	2	2½
„ 2 „ „ grossen „	—	—	1½	2	2½
„ 2 „ „ kleinen „	—	—	1½	1½	2
„ 1 „ „ grossen „	—	—	—	1½	2
„ 1 „ „ kleinen „	—	—	—	1—1½	1½
Mittelwände.					
Nur bei 1 Geschoss	—	—	—	1	1½
Bei 2 und 3 Geschossen	—	—	1	1½	2
Wenn nur 1 Mittelmauer vorhanden, dann wird diese ebenso stark, wie die Frontwände und nur im 1. Geschoss ½ Stein schwächer, als diese z. B. bei 4 Geschossen und grossen Räumen	1½	2	2	2½	3
2 Mittelmauern, 3—4,5 m von einander entfernt, jede	1	1½	1½	1½	2
oder wenn sie nur 1,5—2,5 m. auseinanderstehen { die eine	1	1½	1½	1½	2
oder wenn sie nur 1,5—2,5 m. auseinanderstehen { die andere	1	1	1	1	1½
Scheidewände.					
Bei tiefen Räumen	½	½	1	1	1½
Bei kurzen „	½	½	½	1	1
Giebelwände.					
a) belastet, dann wie Frontwände					
b) unbelastet, dann bei 4 Geschossen	1½	1½	2	2	2½
„ 3 „	—	1½	1½	2	2½
„ 2 „	—	—	1½	1½	2
„ 1 Geschoss	—	—	—	1—1½	2

3. Mörtel und Verputz.

Bezüglich der **Mischungsverhältnisse für Mörtel** ist Folgendes anzunehmen:

Bei Ziegelmauerwerk über der Erde ist das mittlere Raumverhältniss der Kalk- zur Sandmischung 1 : 3, das höchste 1 : 1⅓, das niedrigste 1 : 4½. Das mittlere Verhältniss giebt ein festes, dauerndes Mauerwerk, das an Kalkzusatz höhere ein noch festeres aber langsam erstarrendes, das an Kalkzusatz geringere ein minder festes, aber bald erstarrendes Mauerwerk.

Für Mauerwerk unter der Erde ist 1 Theil auf 3 Theile Sand ausreichend. 1 : 4 ist hier das mittlere Verhältniss.

Eine grössere Festigkeit als der Kalkmörtel verleiht der hydraulische Kalk oder Cementmörtel dem Mauerwerk. Das beste Verhältniss ist hier 1 Theil Cement auf 3 bis 4 Theile Sand.

Beim Kalk rechnet man auf 1 hl oder Fass 125 l Wasser. 1 hl gelöschter Weisskalk wiegt etwa 170 kg.

10 hl gebrannter Kalk geben 1700 bis 2000 l Weisskalk. In Anschlägen ist das Verhältniss von Kalk zu Sand wie 1 : 2 anzunehmen. 300 l Kalk und Sand geben aber nur 240 l Mörtel.

1 cbm	Kalkstein ungebrannt	wiegt etwa	2570 kg		1 cbm	Mörtel frisch	wiegt etwa	1778 kg
1 „	„ gebrannt	„ „	1293 „		1 „	„ trocken	„ „	1634 „

Für den **Verbrauch von Kalk** gelten folgende Sätze:

Zu Kalk- und Feldsteinen: Zu 1 cbm Mauer von Kalkstein-Mauerwerk:	Mörtel in l.	Gelöschter Kalk in l.	Ungelöschter Kalk in l.
a) von unregelmässigen kleinen Kalksteinen	420	180	105
b) von dergl. grossen Kalksteinen	390	168	97
c) von lagerhaften Kalksteinen $^1/_3$ des ganzen Inhalts . .	333	140	83
Zu 1 cbm Mauerwerk von Feldsteinen	400	175	105

Zu Ziegelmauern:	Mörtel in l.	Gelöschter Kalk in l.	Ungelöschter Kalk in l.
3 Stein stark pro cbm . .	300	130	70
$2^1/_2$ „ „ „ „ . .	285	125	67
2 „ „ „ „ . .	270	115	64
$1^1/_2$ „ „ „ „ . .	265	115	63
1 „ „ „ „ . .	250	100	59
$^1/_2$ „ „ pro qm . .	30	13	8

Zum **Verputzen der Wandflächen mit Kalkmörtel** sind pro qm erforderlich:

	Mörtel in l	Gelöschter Kalk in l
Bei $2^1/_2$ cm dickem Putz	34	15
„ $1^1/_2$ „ „ „	21	12
„ 1 „ „ „	15	6

Zum **Fugen von Rohziegelbau** sind erforderlich:

Zu 1 qm Mauer . . . 5 l Mörtel 2 l gelöschter Kalk
„ 1 „ Fachwand . 3 l „ 1,5 l „ „

Der zum Kalkmörtel nöthige **Sand** muss vollständig reiner, scharfer Flusssand sein. Anstatt seiner verwendet man auch wohl gepochten Quarz oder gepochte Schlacken. Meersand eignet sich wegen seines Salzgehaltes (veranlasst Salpeterfrass) und der rundlichen Form seiner Körner nicht zum Mörtel. Die mit Meersand gemauerten Wände sind auch stets feucht. 1 cbm gewöhnlicher Sand wiegt 1640 kg.

Engl. Portl.-Cement, 1 Tonne wiegt netto 195 kg (14 kg Tara). Dieselbe enthält lose verpackt 150 l. Derselbe erhält 0 bis 3 Theile Sandzusatz.

Cement.

1 Tonne = 150 l engl. Portl.-Cement ohne Sand giebt 120 l Mörtel
1 „ = 150 l „ „ + 150 l Sand giebt 250 l „
1 „ = 150 l „ „ + 300 l „ „ 390 l „
1 „ = 150 l „ „ + 450 l „ „ 435 l „

Portland-Cement aus den Stettiner Fabriken und von H. F. Moeves in Berlin ist dem englischen an Güte fast gleich, verträgt aber nicht soviel Sandzusatz, wiegt netto 190 kg.

Trass, welcher gemahlen als Zusatz zum Kalkmörtel demselben hydraulische Eigenschaften verleiht, wiegt pro 100 l fest eingestampft 122 kg.

Gypsmörtel darf nie im Freien verwendet werden, weil er durch die Nässe aufgeweicht wird. Nur der französische Gyps vermag an manchen Orten den Cement zu ersetzen. Meistens dient der Gyps nur zum Verputzen der inneren Seite der Wände.

1 cbm natürlicher Gypsstein wiegt etwa 1860 kg und verliert durch das Brennen 21% seines Gewichtes. 1 cbm giebt 1 bis 1,2 Neuscheffel fertigen Gyps. 1 Neuscheffel wiegt 45 kg, dünn eingerührt giebt er 80 l, dick eingerührt 60 l harte Masse. 100 l Gyps geben nur 75 l Mörtel.

Bedarf an Gyps.

	Gypsmörtel in l.	Gyps in l.
a) Zu 1 qm Putz gerohrter Decken und Wände:		
1. mit wenigem Gypszusatz zum Kalk $1^1/_2$ cm stark	1	1,4
2. „ starkem „ „ „ $1^1/_2$ „ „	2,5	3,3
b) Zu 1 qm Putz des berohrten Holzes in Fachwerkswänden:		
1. Das Holzwerk durchschnittlich 15—20 cm breit als Zusatz zum Kalk .	1	1,3
2. Bei 8—10 cm durchschnittlicher Breite des Holzwerkes	1	1,5
c) Zum Putzen vorspringender Balken mit stärkerem Gypszusatz pro 10 lfd. m.	25	33
d) Zum Ausputzen der Fugen pro 1 qm Mauer	3	4
„ 1 „ Fachwand	2,5	0,3

Das **Rohr** zur Unterlage des Putzes wird in Bunden von 1,80 m durchschnittlicher Länge verkauft, deren jedes 15 kleine Bunde enthält. 1 kleines Bund enthält 30 Stengel. 1 cbm dichtes Rohr wiegt 145—160 kg. Zu einfach berohrten Wänden braucht man pro qm 20 Halme, zu doppelt gerohrten Wänden oder Decken das Doppelte.

Betreffs der Stärke des Putzes auf den Wänden sei erwähnt, dass 3 cm das Maximum ist. Guter Putz besteht aus zwei wohl auch aus 3 Lagen.

Lehmmörtel wird gebraucht, wo die Hitze auf das Mauerwerk einwirkt. Zu beachten ist jedoch, dass der Lehm in der Hitze schwindet, doch kann dieses durch Zusatz von Chamottemehl beseitigt werden.

Lehm und Kalk dürfen nicht mit einander vermengt werden, weil sie sich weder mechanisch noch chemisch verbinden. In Dampfkesselfeuerungen widersteht nur der Mörtel aus Chamotte oder feuerfestem Thon.

1 cbm Lehm wiegt frisch 38 Ctr., erhärtet $30^1/_4$ Ctr.

4. Kosten der Ausführung.

Die Leistungsfähigkeit eines Maurergesellen beläuft sich bei Accordarbeit pro Tag auf die Vermauerung von 800 Ziegeln, wenn die Wände stark sind und keine Oeffnungen enthalten. Bei mehreren Oeffnungen und Ecken sind 700, bei vielen Oeffnungen, Vorlagen und gewölbten Bögen 500 Ziegel pro Tag zu rechnen.

Auf 2 bis 3 Maurer gehört 1 Handlanger, auf 8 bis 12 Maurer 1 Kalkschläger zur Bearbeitung des Mörtels. Auf 15 bis 20 Gesellen rechnet man 1 Polirer. Bei nicht weitläufigen Bauten kann 1 tüchtiger Polirer 30 Gesellen beaufsichtigen und die nöthigen Eintheilungen, Lehrgerüste u. s. w. vorbereiten.

Mechanische Apparate als z. B. Mörtelmaschinen, grössere Hebeapparate u. s. w. machen sich nur bei grösseren Bauten bezahlt.

C. Decken, Träger und Säulen.

1. Bogen und Gewölbe.

Die Bogen dienen zur Ueberdeckung von Maueröffnungen oder als Widerlager für grössere Gewölbe. Sie sollen den auf ihnen lastenden Druck auf zwei Punkte vertheilen. Fig. 10—12 zeigen einige solche Bogen. Meistens wählt man $s:p = 3:1$ oder $5:1$ aber auch $8:1$ bis $12:1$.

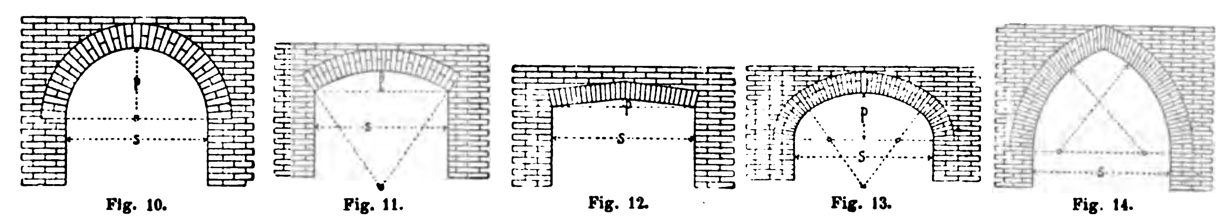
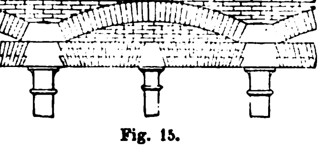


Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12. Fig. 13. Fig. 14.

Bogen nach Form der Fig. 12 sind so schwach gewölbt, dass die Bogenform nach dem Verputzen ganz verschwindet; sie besitzen jedoch nur geringe Solidität.


Fig. 15.

Die elliptischen oder Korbbogen setzt man, wie Fig. 13 angiebt, aus mehreren Kreisstücken zusammen oder construirt sie aus Brennpunkten; ähnlich werden auch die Spitzbogen Fig. 14 hergestellt.

Ueber scheitelrechten Bogen ordnet man **Entlastungsbogen** an (Fig. 15).

Unbelastete **Tonnengewölbe**, also Gewölbe von halbkreisförmigem Querschnitt, können bis 5 m Spannweite $^1/_2$ Ziegel stark ausgeführt werden; bei grösserer Länge ordnet man in Entfernungen von 1,5 bis 2 m die 1 bis $1^1/_2$ Stein breiten Verstärkungsgurten an, die $^1/_2$ Ziegel nach aussen oder innen vortreten.

Die gedrückten Korbtonnen (nach Korbbogen eingewölbt) erhalten bis 3 m Spannweite und nur $^1/_2$ Ziegel zur Stärke; von 3 m an werden die unteren Gewölbeschenkel 1 Stein stark gemacht. In beiden Fällen sind noch Verstärkungsbogen nöthig; ähnlich verhält es sich mit Segmenttonnen unter $^1/_3$ Pfeilhöhe.

Bei belasteten Gewölben lässt man die Stärke vom Scheitel nach den Widerlagern wachsen, und zwar bei Hau- oder Werksteinen nach einer Bogenlinie, deren Mittelpunkt um $^1/_2$ oder $^1/_4$ des Halbmessers der inneren Wölblinie tiefer liegt als der Mittelpunkt der letzteren; bei Backsteinen wird der Rücken abgesetzt und zwar bei kleinen Gewölben im Scheitel $^1/_2$ Ziegel, am Widerlager 1 Stein, bei grösseren Gewölben im Scheitel $^1/_2$ Ziegel, in der Mitte des Gewölbeschenkels 1 Stein und am Widerlager $1^1/_2$ Stein. Ausser den Ziegeln bedient man sich im Hochbau zur Herstellung der Gewölbe nur noch der Bruchsteine. **Kellergewölbe** von Bruchstein (als Tonnengewölbe) erhalten im Scheitel mindestens 0,3 bis 0,4 m Stärke. Am besten wendet man hier hydraulischen Mörtel an, weil reiner Kalkmörtel sich mit Bruchsteinen schlecht verbindet. Der Schlussstein des Gewölbes muss besonders genau anschliessen.

Halbkreisförmige und **hohe Korbbogen-Tonnengewölbe**, die nur den Fussboden eines oberen Stockwerkes tragen, brauchen bis 4,5 m Spannweite nur $\frac{1}{2}$ Stein, bei grösserer Spannweite 1 Stein Scheitelstärke. Nach den Widerlagern hin nimmt die Stärke dann entweder zu, oder es werden in Abständen von 2—2,5 m einige nach oben bez. nach unten vorspringende Verstärkungsbogen angeordnet.

Die **Widerlagerstärke** beträgt:

beim spitzbogigen Gewölbe	$\frac{1}{6}$—$\frac{1}{7}$	der Spannweite
„ halbkreisförmigen „	$\frac{2}{11}$—$\frac{1}{6}$	„ „
bei flachen Gewölben mit der Pfeilhöhe von mindestens $\frac{1}{4}$ der Spannweite	$\frac{1}{4}$—$\frac{2}{9}$	„ „
desgl. $\frac{1}{8}$ der Spannweite	$\frac{1}{3}$—$\frac{3}{10}$	„ „

Sind die Widerlager höher als 2,5—5 m, so wird die soeben mitgetheilte Widerlagsstärke um $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{8}$ der Widerlagshöhe vergrössert.

Wenn l die Spannweite des Gewölbes bezeichnet, soll nach Rondelet die **Scheitelstärke** d sein:

Für Ziegeltonnengewölbe: $d = \frac{1}{36} \cdot l$ für die bis zur halben Höhe hintermauerten Gewölbe

$d = \frac{1}{48} \cdot l$ für voll hintermauerte Gewölbe

Für Bruchsteingewölbe wird nach diesen Formeln anstatt jeder Ziegellänge 0,4 cm gesetzt.

Das preussische Kappengewölbe bildet einen flachen Cylinderabschnitt. Wenn solche Gewölbe nur eine dünne Beschüttung und die Belastung eines gewöhnlichen Zimmers zu tragen haben, erhalten sie

bis 2,5 m Spannweite	$\frac{1}{8}$—$\frac{1}{10}$	**Pfeilhöhe**
desgl. bei 3 m „	$\frac{1}{6}$—$\frac{1}{8}$	„
desgl. bei 4 m „	$\frac{1}{6}$	„
Bei grösserer Belastung, etwa durch Waaren, stets	$\frac{1}{6}$	„
Bei 2 m Spannweite und keiner Belastung	$\frac{1}{10}$—$\frac{1}{12}$	„

In letzterem Falle ist Mauerung mit Cementmörtel wünschenswerth.

Die Stärke der preussischen Kappe beträgt (in Kelleranlagen) bei 2,5 m Spannweite nur $\frac{1}{2}$ Stein; bis 3 m kommen noch Verstärkungsbogen hinzu; bis 4 m macht man die in der Nähe der Widerlager befindlichen Theile 1 Stein stark und über 4 m Spannweite wird die Kappe am Rücken abgesetzt, im Scheitel $\frac{1}{2}$ Stein, in der Mitte 1 Stein, an den Widerlagern $1\frac{1}{2}$ Stein.

Die Widerlager sämmtlicher Kappen eines Kellers müssen in gleicher Höhe liegen. Die Kappenspannweiten dürfen nicht zu ungleich ausfallen. Die Kappen sind wo möglich in gleicher Richtung so anzuordnen, dass die Scheitel parallel zu liegen kommen, um dadurch eine gleichmässige Vertheilung des Gewölbeschubes zu erlangen. Es empfiehlt sich, die Kappenstirnen an den Fensterseiten anzunehmen. Ist die Kappe über 5 m lang, so legt man in Entfernungen von 3—4 m Verstärkungsgurten an.

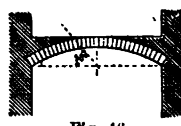


Fig. 16.

Die **Nach- oder Hintermauerung** geschieht bis zur Höhe der Fuge, in welcher erfahrungsgemäss zu schwache Kappen stets brechen. Diese liegt von der Gewölbeachse aus in einem Winkel von etwa 50° (s. Fig. 16). Ueber den mit Schutt und Fussboden belasteten Kappen lässt man die Hintermauerung besser weg. Die Widerlagerflächen sind stets nach dem Mittelpunkt des Bogens gerichtet.

Die Fig. 17—20 zeigen die Anordnung der **Kappengewölbe.** GG in Fig. 18 sind Gurte zur Unterstützung der Erdgeschossmauern. Die übrigen Gurte zerlegen nur die grösseren Räume in kleinere und können schwächer sein als GG. Ueber dem Corridor wird die Kappe in der Längenrichtung desselben angeordnet. In den Seitenräumen bezeichnet der Abstand zweier Gurten die Spannweite der Kappen.

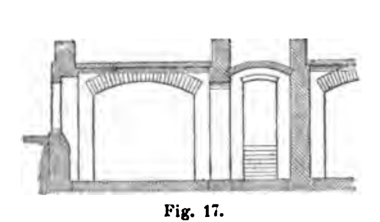


Fig. 17.

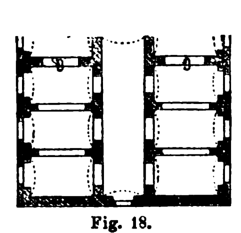


Fig. 18.

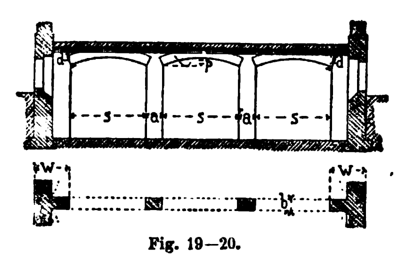


Fig. 19—20.

Bezeichnet w die Widerlagsstärke (einschliesslich Mauerstärke), s die Spannweite, p die Pfeilhöhe, b die Breite, d die Höhe des Gurtbogens, a die Breite des Zwischenpfeilers, so ist (Fig. 19 und 20)

bei Gurtbögen

die nur Kappen tragen:

$p = \frac{1}{5}$—$\frac{1}{4}$ s
$w = \frac{1}{5}$—$\frac{1}{4}$ s
d (bei 2 und 3 Bogen nebeneinander, wie in Fig. 18) } 1 Stein
d bei 1 Bogen und 2 Bogen nebeneinander } 1—1½ Stein
b = 1½ Stein
a = 1½—2 Steine.

die auch Wände tragen:

$p = \frac{1}{3}$—$\frac{1}{2}$ (Segment, Korbbogen oder Halbkreis)
$w = \frac{1}{3}$ s
d = 1½—2 Steine
b = 1—1½ Stein mehr, als die darüber stehende Wand
a muss so stark sein, dass 1 qcm Pfeilerquerschnitt bei Ziegeln mit nicht mehr als 6 kg gedrückt werden wird.

Der **Wandpfeiler** muss auch dann um etwa ½ Ziegel vorspringen, wenn die Mauerdicke für w ausreicht. Statt des Ziegelpfeilers a könnte man auch schmälere Sandsteinpfeiler (16—30 kg Druck pro qcm) oder eiserne Säulen anordnen.

Umgekehrte Kappengewölbe wendet man, wie Fig. 8 zeigt, an, um das Grundwasser von den Kellern abzuhalten. Zur grösseren Sicherheit mauert man dann 2 Kappen übereinander und legt behufs Isolirung zwischen beide eine Asphaltschicht, welche durch die Fundamente reicht und an den Aussenflächen derselben hinaufsteigt.

Neuerdings werden auch Gewölbe aus **Cementconcret** gegossen, der zum siebenten Theil aus bestem Cement, im übrigen aus reingewaschenen Kohlen-Schlacken und Sand besteht. Als fernere Zuschläge werden empfohlen Steinschlag, Kies, Ziegelmehl. Die Mörtelmasse kommt in ziemlich steifer Beschaffenheit zur Verwendung. Bei 2,8 m Spannweite und 4,7 m Länge wurden derartige Kappen in Berlin nur 10 cm stark gemacht sowie mit $\frac{1}{10}$ Pfeilhöhe ausgeführt; 5 Wochen nach der Fertigstellung trugen dieselben 13 Tage lang eine Belastung von 75 Ctr. pro qm Fläche, ohne dass sich eine Bruchfuge zeigte oder ein Hinausdrängen der Frontwände stattfand. In gewöhnlichen Wohnungen pflegt die Belastung nur 15 Ctr. pro qm zu betragen. Für die gegossenen Widerlager solcher gegossenen Gewölbe wurde 20 cm Stärke als ausreichend befunden.

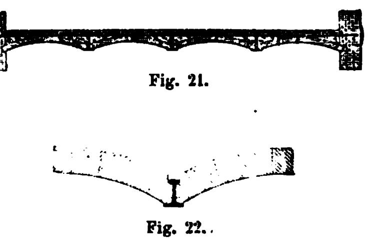


Fig. 21.

Fig. 22.

Besonders in höheren Stockwerken spannt man die Kappen zwischen **Eisenbahnschienen**, **⊥-Trägern** oder **I-Trägern** aus. Schwach gewölbte Kappen, die keine Belastung zu tragen haben, sondern lediglich der Feuersicherheit wegen angebracht werden, kann man bei 1 m Spannweite ¼ Stein stark ausführen.

Der von einer Gewölbeanlage hervorgerufene bedeutende Seitenschub muss, wie Fig. 21 andeutet, durch eine kräftige **Verankerung** aufgefangen werden. In derselben Weise können auch gusseiserne Balken zur Anwendung kommen, die natürlich stärker dimensionirt sein müssen, als die schmiedeeisernen.

Die freiliegende Länge der einfachen **Eisenbahnschienen** darf höchstens 2,75 m betragen, auch müssen die Schienen mindestens 0,30 m in der Wand fest vermauert sein und entweder auf einem Sandstein- bez. Granitblock von 0,3 bis 0,4 m im Kubus oder auf einer entsprechend grossen gusseisernen Platte ruhen.

Fig. 23—28 zeigen eine in mehreren Stockwerken ausgeführte Gewölbeconstruction. Die hohlen gusseisernen Säulen, die zwischen je zwei Stockwerken fest miteinander verbunden sind, unterstützen die I-Träger, welche das Ziegelgewölbe tragen. Die Kappengewölbe haben hier ⅛ Pfeilhöhe und 5 m Spannweite. Sie sind am Widerlager 1½ Stein, am Scheitel 1 Stein stark. Bis zum Widerlager sind die Säulen rund, darüber quadratisch. Die Träger setzen sich auf Consolen, die an den Säulen angegossen oder angeschraubt sind.

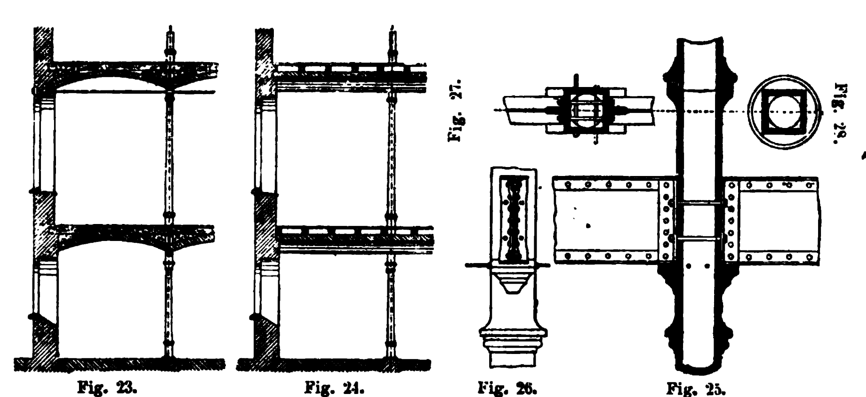
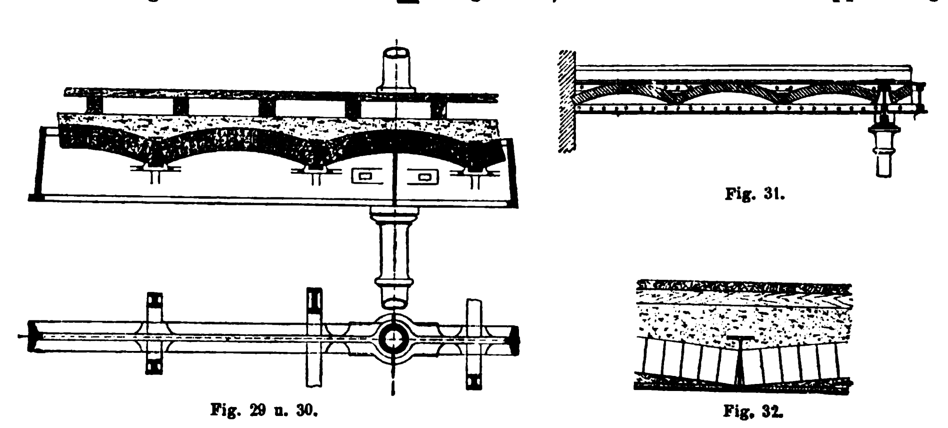


Fig. 23. Fig. 24. Fig. 26. Fig. 25.

Die Figuren 29 und 30 stellen eine mit Kappen zwischen I-Trägern eingewölbte Decke dar. **Die I-Träger** werden durch Consolen unterstützt, die an dem gusseisernen Hauptträger angegossen sind.

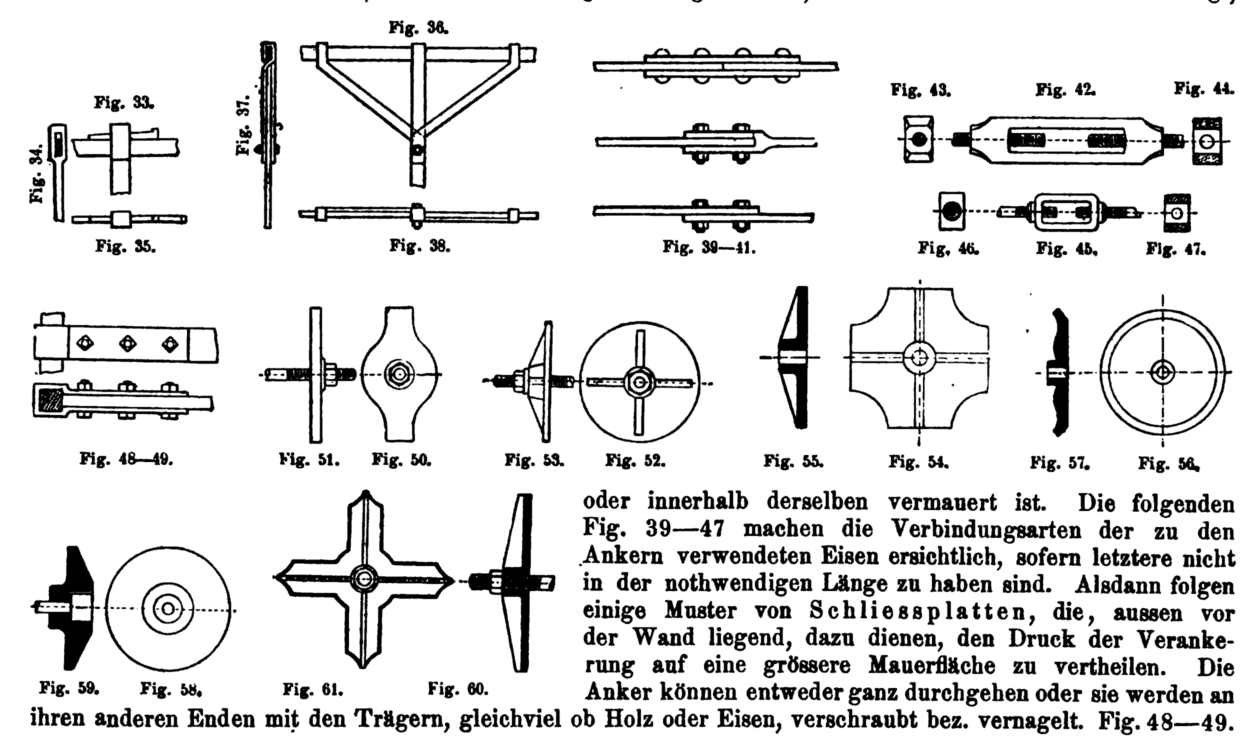
Die zweckmässige Theilung der Flächen einer **Deckenconstruction aus Blechträgern und I-Eisen** zeigt Fig. 31. In der Mitte des betreffenden Raumes ist, von Säulen getragen, der Hauptblechträger verlegt.

Dieser trägt die anderseits auf der Mauer ruhenden schwächeren Blechträger und diese wieder nehmen die der Länge nach streichenden I-Träger auf, zwischen welche die Kappen ausgespannt sind. Als Widerlager der letzteren gegen die Hauptträger dienen mit diesen verschraubte gusseiserne Widerlagsstücke.


Fig. 29 u. 30. Fig. 31. Fig. 32.

Soll die Unterfläche des Gewölbes horizontal werden, so legt man, wie Fig. 32 andeutet, in etwa 1,3 m Abständen 16 cm starke Hölzer auf die Trägerflanschen. Unter dieselben werden dann Schalbretter genagelt, die auf die gewöhnliche Weise berohrt und geputzt werden können.

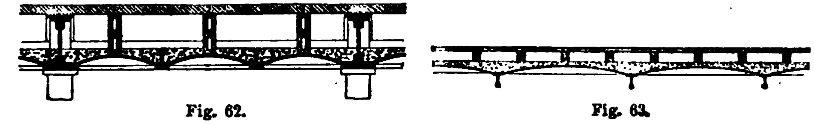
Verankerungen für Gurtbögen zeigen die Figuren 33—61 und zwar sind in den Fig. 33—38 die Enden der Anker ersichtlich, die an einer Stange befestigt werden, welche entweder vor der Mauer liegt,


Fig. 33. Fig. 34. Fig. 35. Fig. 36. Fig. 37. Fig. 38. Fig. 39—41. Fig. 42. Fig. 43. Fig. 44. Fig. 45. Fig. 46. Fig. 47. Fig. 48—49. Fig. 50. Fig. 51. Fig. 52. Fig. 53. Fig. 54. Fig. 55. Fig. 56. Fig. 57. Fig. 58. Fig. 59. Fig. 60. Fig. 61.

oder innerhalb derselben vermauert ist. Die folgenden Fig. 39—47 machen die Verbindungsarten der zu den Ankern verwendeten Eisen ersichtlich, sofern letztere nicht in der nothwendigen Länge zu haben sind. Alsdann folgen einige Muster von Schliessplatten, die, aussen vor der Wand liegend, dazu dienen, den Druck der Verankerung auf eine grössere Mauerfläche zu vertheilen. Die Anker können entweder ganz durchgehen oder sie werden an ihren anderen Enden mit den Trägern, gleichviel ob Holz oder Eisen, verschraubt bez. vernagelt. Fig. 48—49.

2. Eiserne Decken.

Eiserne Decken, die eine absolute Feuersicherheit gewähren, werden mit Hülfe von Wellblechen, Buckelblechen oder in Kappenform gebogenen Blechen hergestellt. Eine solche Construction zeigt Fig. 62. Bei derselben tragen die Säulen die aus Blech und Winkeleisen hergestellten Hauptträger, welche Querträger aufnehmen, an denen wieder kleinere I-Träger befestigt sind. Auf den unteren Flanschen dieses Trägergerippes finden die Buckelplatten ihr Auflager. Sie können lose aufliegen, oder mit den Trägern vernietet werden, wodurch ihre Tragfähigkeit


Fig. 62. Fig. 63.

verdoppelt wird. Auf den Buckelplatten stehen kleine Mauern zur Unterstützung des Fussbodens. Zwischen ihnen liegt zur Verminderung der Hellhörigkeit eine dünne Schicht Beton.

Eine andere Deckenconstruction aus Buckelplatten giebt die Fig. 63 wieder. Die auf den Fuss von Eisenbahnschienen gelegten Platten sind hier durch Concret abgeglichen. Auf diesen sind alsdann Hölzer verlegt zur Aufnahme der Fussbodenbretter.

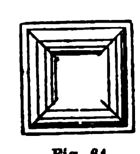
In den meisten Fällen dürften gewölbte Decken allerdings billiger ausfallen, als solche aus Buckelplatten, doch können dieselben unter Umständen sehr gute Dienste leisten.

Bleche in Kappenform werden nach Maassgabe der Figur 65 ebenfalls auf die Flanschen der T-Träger gelegt und zur Vergrösserung der Tragfähigkeit mit denselben vernietet. Durch Ausgiessen mit einer genügend hohen Betonlage wird diesen Decken eine genügende Tragfähigkeit ertheilt. Mit Vortheil ist im letzteren Falle Zinkblech zu verwenden.

Wellbleche werden gleichfalls auf die unteren Trägerflanschen gelegt und mit Beton oder Sand überschüttet (Fig. 66 u. 67). Namentlich verzinkte Wellbleche sind sehr haltbar und werden vielfach verwendet. Die Verzinkung macht dieselben auch sehr widerstandsfähig gegen den Rauch der Schmiedefeuer.

Tabelle über Buckelplatten
nach den Versuchen von Mallet.

Blechdicke in qmm	Belastung in kg	Gewicht pro qm in kg
1,2	330	9,4
1,7	520	12,8
2,7	770	21,1
3,2	1220	24,5
4,8	3040	36,7
6,4	5480	49,0
7,9	7510	61,2
9,5	10920	73,5


Fig. 64.

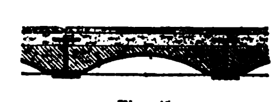

Fig. 65.

Tabelle über Wellbleche.
9 kg Widerstand pro qcm.

H	*b*	*s*	Eigengewicht pro qm	Zulässige Belastung pro qm bei 1,0m Tragweite
55 mm	45 mm	1 mm	13 kg	1460 kg
60 „	45 „	1 „	15 „	1960 „
60 „	45 „	2 „	30 „	3880 „
60 „	45 „	3 „	45 „	5700 „
60 „	45 „	4 „	60 „	7480 „
60 „	45 „	5 „	75 „	9240 „
60 „	45 „	1 „	16 „	2520 „
70 „	45 „	2 „	32 „	4960 „
70 „	50 „	2 „	34 „	6400 „
80 „	50 „	3 „	51 „	9480 „
80 „	50 „	4 „	68 „	12520 „
100 „	50 „	3 „	85 „	15480 „

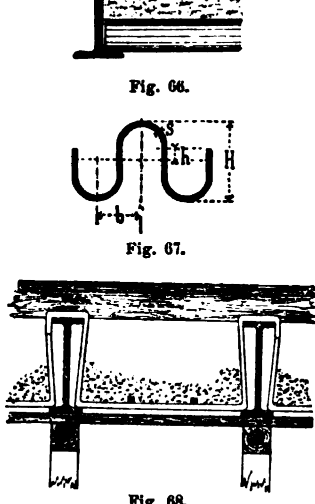


Fig. 66.
Fig. 67.
Fig. 68.

Die **Decken** (Fig. 68) sind in Paris üblich. In Abständen von 1 m werden Bügel aus Quadrateisen von 1,5—2,0 qcm über die Träger gehängt. Darauf werden Querstäbe von 0,5—0,8 cm Quadrat mit Kupferdraht befestigt und dieses Netzwerk durch eine untere Breterschalung abgeschlossen (Fig. 68). Das Gewicht der so hergestellten vollständigen Decke mit Fussboden und Zwischendecke aus Gyps kann zu 275—300 kg pro qm angenommen werden. Gewicht der Eisentheile allein 30—40 kg pro qm.

3. Eiserne Träger.

Um die Dimensionen der Träger namentlich für Deckenconstruction zu finden, seien in Folgendem die nach Erfahrungen als Mittelwerthe zu betrachtenden **Belastungen** pro qm für Zwischendecken angegeben.

Unter Annahme einer zulässigen höchsten Beanspruchung für schmiedeeiserne Träger von 750 kg pro qcm ist das **Widerstandsmoment** eines solchen

$$W = \frac{P . l}{6000}$$

wo P (in kg) die ganze, über einen Träger von l cm Länge gleichmässig vertheilte Last bezeichnet.

Ist die Last P nicht gleichmässig über den betr. Träger vertheilt, so multiplicire man, zwecks Benutzung der folgenden Tabellen, die gegebene Belastung Q mit einem Coëfficienten k, der für jeden speciellen Fall der nachfolgenden Zusammenstellung zu entnehmen ist. Die feste Einspannung der Enden eines an beiden Seiten aufliegenden Trägers ist hier unberücksichtigt gelassen, weil auch dabei mit Rücksicht auf die gewöhnliche Bauausführung freie Auflager vorauszusetzen sind. Mit dem gefundenen Werthe

$$P_1 = k . Q$$

wird dann nach obiger Gleichung der Werth W berechnet.

Tabelle der Belastungen von Decken.

a) In **Wohngebäuden** oder in **Fabriken** mit leichten Maschinen (Spinnereien, Webereien, Scherereien etc. Nutzlast = 200 kg angenommen.

Art der Construction	Ganzes Gewicht
Gewölbte Decke, ¼ Stein stark, einschl. Hintermauerung zwischen eisernen Trägern für 1 m bis 1,5 m Spannweite einschl. Putz und Fussboden	500 kg
Gewölbte Decke, ½ Stein stark, sonst wie vorhin	600 „
Gewölbte Decke, ½ Stein stark, für 2—3 m Spannweite, sonst wie vorhin	700 „
Decke aus Wellblech, Buckelplatten oder Barren-Eisen mit Beton zwischen den Trägern (13 cm dick im Beton)	450 „
Holzbalkendecke mit einfachem Fussboden	280 „
Holzbalkendecke mit doppeltem Fussboden oder mit einfachem Fussboden und Deckenputz	300 „
Holzbalkendecke mit halbem Windelboden, Fussboden und Deckenputz	500 „
Holzbalkendecke mit ganzem Windelboden, sonst wie vorhin	600 „

b) In **Fabriken** mit schweren Maschinen, in **Speichern** und in **Tanzlocalen.**

Art der Construction	Eigengewicht	Nutzlast	Ganze Last
Holzbalkendecke mit halbem Windelboden für Tanzlocale, Heu- und Fruchtböden	350 kg	350 kg	700 kg
Holzbalkenlage mit Bohlenbelag in Salzspeichern	200 „	600 „	800 „
Holzbalkenlage mit Bohlenbelag in Kaufmanns-Speichern	250 „	750 „	1000 „
Gewölbte Decke, ½ Stein stark, zwischen eisernen Trägern für 1—1,5 m Spannweite in Fabriken oder Lagerräumen	450 „	500 „	950 „
Gewölbte Decke, 1 Stein stark, für 2—3 m Spannweite, sonst wie vorher . . .	650 „	500 „	1150 „
Decke aus Wellblech, Buckelplatten oder Barren-Eisen mit Beton (20 cm dick), sonst wie vorher	350 „	500 „	850 „

Tabelle des Coëfficienten „k“.

Art der Belastung Q	Coëfficient
Fig. 69. Der Träger Q liegt auf beiden Enden frei auf.	$k = 1$
Fig. 70. Ein gleichförmig belasteter Träger ist im grössten Abstand $n . l$ von einem Auflager, von einer Säule unterstützt.	$k = 4 . \left(\frac{2 . n - 1}{2 . n}\right)^2$
Fig. 71. Im Abstande l_1 vom nächsten Auflager wirkt eine auf v m gleichmässig vertheilte Last auf den Träger ein.	(siehe unten)

Zu Fig. 70:

für n =	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
wird k =	0,44	0,56	0,68	0,79	0,90	1,00

Zu Fig. 71 (Coëfficient k):

$\frac{v}{l}$ = / $\frac{l_1}{l}$ =	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,1	0,72	0,68	0,65	—	—	—	—	—	—	—	—
0,2	1,28	1,22	1,15	1,09	1,02	—	—	—	—	—	—
0,3	1,68	1,60	1,51	1,43	1,34	1,26	1,17	—	—	—	—
0,4	1,92	1,82	1,73	1,63	1,54	1,44	1,34	1,25	1,15	—	—
0,5	2,00	1,90	1,80	1,70	1,60	1,50	1,40	1,30	1,20	1,10	1,00

Art der Belastung Q		Coëfficient										
Fig. 72. Die auf zwei Pfeiler von $b \cdot l$ und $a \cdot l$ Breite gleichförmig vertheilte Last wird durch diese auf den Träger übertragen. Die Pfeiler beginnen an den Auflagern.	$a =$ / $b =$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
		Coëfficient k										
	0,0	0	0,36	0,65	0,87	1,04	1,13	1,18	1,18	1,15	1,12	1,00
	0,1	0	0,20	0,50	0,68	0,84	0,96	1,03	1,06	1,04	1,00	
	0,2			0,40	0,60	0,77	0,89	0,97	1,01	1,00		
	0,3				0,60	0,76	0,88	0,96	1,00			
	0,4					0,80	1,04	1,00				
	0,5						1.00					
Fig. 73. Eine gleichförmig vertheilte Last wirkt auf den einseitig eingespannten Träger ein.	$k = 4$											
Fig. 74. Die Last wirkt am Ende eines einseitig eingespannten Trägers.	$k = 8$											

Als Ersatz für sehr hohe I-Träger (über 400 mm) kann man oft auf einander **genietete I-Träger** von geringerer Höhe verwenden. Besonders vortheilhaft in Bezug auf die Ausnutzung des Eisens würde es in diesem Falle sein, unsymmetrische I-Profile mit den schmalen Flanschen auf einander zu nieten.

Bei Verwendung ausrangirter **Eisenbahnschienen** darf man 750 kg Beanspruchung pro qcm rechnen. Dies ist der folgenden Tabelle zur Bestimung der Tragfähigkeit der Schienen bei gleichförmig vertheilter Belastung zu Grunde gelegt. Sollten in besonderen Fällen die Schienen leichter sein als hier angegeben ist, so genügt es, wenn man die Tragfähigkeit proportional der Gewichts-Verminderung verkleinert.

Der Wirkungsgrad w ist gleich $\frac{W}{G}$ d. h. gleich dem Widerstandsmoment dividirt durch das Gewicht pr. lauf. Meter.

Tabelle der Tragfähigkeit der Eisenbahnschienen.

Pos.	Höhe mm	Widerst. moment W	Gewicht pr. m G	Wirkungsgrad w	Freitragende Länge in m — Zulässige gleichförmig vertheilte Belastung: 1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
1	105	90	26,1	3,45	5400	3600	2700	2160	1800	1540	1350	1210	1080	980	900	830	770
2	118	117	29,8	3,93	6900	4600	3450	2760	2300	1980	1720	1540	1380	1250	1150	1060	990
3	131	140	32,7	4,30	8400	5600	4200	3360	2800	2410	2100	1870	1690	1520	1400	1300	1210
4	235	370	42,8	8,65	22200	14800	11100	8900	7400	6370	5570	4950	4450	4030	3700	3420	2880
5[1]	262	412	65,4	6,30	24700	16400	12300	9850	8240	7040	6160	5540	4930	4480	4120	3790	3520
6[1]	470	1044	85,6	12,20	62600	41800	31300	25000	20880	17800	15600	14000	12500	11350	10440	9620	8930

1) Position 5 und 6 gelten für aufeinander genietete Schienen.

Die grosse Verschiedenheit der im Handel befindlichen I-Profile hat die Aufstellung einer **Scala von Normalprofilen** für dieselben veranlasst, welche von Prof. O. Jntze bearbeitet wurde, vom Aachener Bezirksverein deutscher Ingenieure empfohlen wird und mit welcher die Fabrikate der deutschen Walzwerke bereits recht gut übereinstimmen. Diese Scala ist der folgenden Trägertabelle zu Grunde gelegt.

Tabelle der Normalprofile für Träger, der Tragfähigkeit und grössten Durchbiegung derselben.

Es bedeutet W das Widerstandsmoment, bezogen auf cm, G das Gewicht pro laufd. m in kg, w den Wirkungsgrad $\frac{W}{G}$, h die Trägerhöhe, b die Flanschbreite, d die Stegdicke, t die mittlere Flanschdicke in mm. — f giebt an die grösste Durchbiegung in mm, P die zulässige gleichförmig vertheilte Belastung in kg, bei einer grössten Beanspruchung von 750 kg pro qcm Querschnitt.

Profil-No.	W	G	w	h [1])	b	d	t		Freitragende Länge in Metern														
									1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	8,0	9,0	10,0
8	19	5,9	3,2	80	42	4	5,7	P	760	570	456	380	326	290	253	228	207	190	175	163	145	127	114
								f	2,2	3,9	6,1	8,8	11,5	15,6	19,8	24,4	29,5	35,2	41,3	47,9	62,5	79,1	97,6
10	31	7,4	4,2	100	50	4	6	P	1240	930	744	620	531	465	413	372	338	310	286	266	233	207	186
								f	1,8	3,1	4,9	7,0	9,2	12,5	15,9	19,6	23,7	28,2	33,0	38,3	50,0	63,4	78,1
12a	41	8,9	4,6	120	58	4,8	5,2	P	1640	1230	984	820	703	615	547	492	447	410	378	352	308	273	246
12b	50	11,0	4,5	120	58	6,0	6,5	P	2000	1500	1200	1000	857	750	667	600	545	500	462	428	375	333	300
								f	1,5	2,6	4,1	5,9	7,7	10,5	13,2	16,3	19,7	23,5	27,5	32,0	41,8	52,8	65,1
14a	65	11,4	5,7	140	66	5,2	6,3	P	2600	1950	1560	1300	1114	975	867	780	709	650	600	557	488	433	390
14b	73	13,3	5,5	140	66	6	7,3	P	2920	2190	1752	1460	1251	1095	973	876	796	730	674	626	548	487	438
14c	81	15,1	5,4	140	66	6,8	8,3	P	3240	2430	1944	1620	1389	1215	1080	972	884	810	748	694	608	540	486
								f	1,3	2,2	3,5	5,0	6,6	8,9	11,3	14.0	16,9	20,1	23,6	27,3	35,7	45,2	55,8
16a	100	15,5	6,5	160	74	6	7,6	P	4000	3000	2400	2000	1714	1500	1333	1200	1091	1000	923	857	750	667	600
16b	112	17,7	6,3	160	74	6,9	8,7	P	4480	3360	2688	2240	1920	1680	1494	1344	1222	1120	1034	960	840	747	672
16c	124	19,9	6,2	160	74	7,8	9,8	P	4960	3720	2976	2480	2127	1860	1653	1488	1353	1240	1144	1064	930	827	744
								f	1,1	2,0	3,1	4,4	5,7	7,8	9,9	12,2	14,8	17,6	20,6	23,9	31,3	40,0	48,8
18a	145	20,2	7,2	180	82	7,2	8,8	P	5800	4350	3480	2900	2488	2175	1933	1740	1581	1450	1339	1243	1088	967	870
18b	154	21,8	7,1	180	82	7,8	9,5	P	6160	4620	3696	3080	2637	2310	2052	1848	1680	1540	1421	1320	1248	1026	924
18c	165	23,5	7,0	180	82	8,4	10,2	P	6600	4950	3960	3300	2830	2475	2200	1980	1800	1650	1523	1415	1238	1100	990
								f	1,0	1,7	2,7	3,9	5,3	7,0	8,8	10,9	13,2	15,6	18,4	21,3	27,8	35,2	43,4
20a	191	24,2	7,9	200	90	7,6	9,6	P	7640	5730	4584	3820	3274	2865	2547	2292	2084	1910	1763	1637	1433	1273	1146
20b	212	26,7	8,0	200	90	8,3	10,8	P	8480	6360	5088	4240	3634	3180	2827	2544	2313	2120	1957	1817	1590	1413	1272
20c	232	29,2	8,0	200	90	9,0	12,0	P	9280	6960	5568	4640	3977	3480	3093	2784	2531	2320	2142	1988	1740	1547	1392
								f	0,9	1,6	2,4	3,5	4,6	6,3	7,9	9,8	11,8	14,1	16,5	19,2	25,0	31,6	39,0
22a	265	29,9	8,9	220	98	8,3	11,2	P	10600	7950	6360	5300	4543	3975	3533	3180	2891	2650	2446	2272	1988	1767	1590
22b	287	32,4	8,8	220	98	9,0	12,2	P	11480	8610	6888	5740	4920	4305	3827	3444	3131	2870	2649	2460	2153	1913	1722
22c	309	34,9	8,9	220	98	9,7	13,2	P	12360	9270	7416	6180	5297	4635	4120	3708	3371	3090	2852	2649	2318	2060	1854
								f	0,8	1,4	2,2	3,2	4,2	5,7	7,2	8,9	10,7	12,8	15,0	17,4	22,7	28,8	35,5
24a	346	35,1	9,9	240	106	8,6	12,4	P	13840	10380	8304	6920	5931	5190	4612	4152	3775	3460	3194	2966	2595	2307	2076
24b	370	37,8	9,8	240	106	9,3	13,5	P	14800	11100	8880	7400	6343	5550	4933	4440	4036	3700	3415	3171	2775	2467	2220
24c	395	40,6	9,8	240	106	10,0	14,5	P	15800	11850	9480	7900	6771	5925	5267	4740	4309	3950	3646	3386	2963	2633	2370
								f	0,7	1,3	2,0	2,9	3,8	5,2	6,6	8,1	9,8	11.7	13,7	15,9	20,8	26,3	32,5
26a	440	41,3	10,7	260	112	9,3	13,9	P	17600	13200	10560	8800	7543	6600	5867	5280	4800	4400	4062	3771	3300	2933	2640
26b	471	44,3	10,6	260	112	10,0	15,0	P	18840	14130	11304	9420	8074	7065	6280	5652	5138	4710	4348	4037	3533	3140	2826
26c	502	47,3	10,6	260	112	10,7	16,0	P	20080	15060	12048	10040	8606	7530	6693	6024	5476	5020	4634	4303	3765	3347	3012
								f	0,7	1,2	1,9	2,7	3,5	4,8	6,1	7,5	9,1	10,8	12,7	14,7	19,2	24,3	30,0
28a	544	48,0	11,4	280	116	10,4	15,3	P	21760	16320	13056	10880	9326	8160	7253	6528	5935	5440	5022	4663	4080	3627	3264
28b	577	51,4	11,2	280	116	11,2	16,4	P	23080	17310	13848	11540	9891	8655	7693	6924	6295	5770	5326	4946	4328	3847	3462
28c	610	54,9	11,1	280	116	12,0	17,6	P	24400	18300	14640	12200	10457	9150	8133	7320	6655	6100	5631	5229	4575	4067	3660
								f	0,6	1,1	1,7	2,5	3,3	4,5	5,7	7,0	8,4	10,1	11,8	13,7	17,9	22,6	27,9
30a	686	56,3	12,2	300	120	11,0	18,0	P	27440	20580	16464	13720	11760	10290	9147	8232	7484	6860	6332	5880	5145	4573	4116
30b	729	60,4	12,1	300	120	11,8	19,4	P	29160	21870	17496	14580	12497	10935	9720	8748	7953	7290	6729	6249	5468	4860	4374
30c	771	64,4	12,0	300	120	12,6	20,8	P	30840	23130	18504	15420	13217	11565	10280	9252	8411	7710	7117	6609	5783	5140	4626
								f	0,6	1,0	1,6	2,3	3,1	4,2	5,3	6,5	7,9	9,4	11,0	12,8	16,6	21,1	26,0
35a	863	64,7	13,4	350	130	13,0	16,0	P	34520	25890	20712	17260	14794	12945	11507	10356	9415	8630	7966	7397	6473	5753	5178
35b	909	68,6	13,2	350	130	13,9	17,1	P	36360	27270	21816	18180	15583	13635	12120	10908	9916	9090	8391	7791	6818	6060	5454
35c	955	72,5	13,2	350	130	14,7	18,1	P	38200	28650	22920	19100	16371	14325	12733	11460	10418	9550	8815	8186	7163	6367	5730
35d	1001	76,4	13,2	350	130	15,5	19,1	P	40040	30030	24024	20020	17160	15015	13347	12012	10920	10010	9240	8580	7508	6673	6006
								f	0,5	0,9	1,4	2,0	2,6	3,6	4,5	5,6	6,8	8,0	9,4	10,9	14,3	18,1	22,3
40a	1138	78,0	14,6	400	140	15,0	16,0	P	45520	34140	27312	22760	19508	17070	15174	13656	12415	11380	10505	9754	8535	7587	6828
40b	1188	81,8	14,5	400	140	15,7	16,8	P	47520	35640	28512	23760	20366	17820	15840	14256	12960	11880	10966	10183	8910	7920	7128
40c	1238	85,5	14,5	400	140	16,5	17,7	P	49520	37140	29712	24760	21222	18570	16507	14856	13505	12380	11428	10611	9285	8253	7428
40d	1288	89,3	14,4	400	140	17,3	18,5	P	51520	38640	30912	25760	22080	19320	17173	15456	14051	12880	11889	11040	9660	8587	7728
40e	1389	90,6	15,4	400	140	15,3	22,0	P	55560	41670	33336	27780	23811	20835	18520	16668	15153	13890	12822	11906	10418	9260	8334
40f	1464	95,6	15,4	400	140	16,2	23,3	P	58560	43920	35136	29280	25097	21960	19520	17568	15971	14640	13514	12549	10930	9760	8784
40g	1539	100,6	15,3	400	140	17,1	24,6	P	61560	46170	36936	30780	26583	23085	20520	18468	16789	15390	14206	13291	11543	10260	9234
40h	1615	105,6	15,3	400	140	18,0	26,0	P	64600	48450	38760	32300	27686	24225	21533	19380	17618	16150	14908	13843	12113	10767	9690
								f	0,4	0,8	1,2	1,8	2,3	3,1	4,0	4,9	5,9	7,0	8,2	9,6	12,5	15,8	19,5
45a	1780	106,1	16,8	450	150	17,0	22,3	P	71200	53400	42720	35600	30514	26700	23733	21360	19418	17800	16431	15257	13350	11867	10680
45b	1862	111,6	16,7	450	150	18,0	23,5	P	74480	55860	44688	37240	31920	27930	24927	22344	20313	18620	17188	15960	13965	12413	11172
45c	1944	117,2	16,6	450	150	19,0	24,7	P	77760	58320	46656	38880	33326	29160	25920	23328	21207	19440	17945	16663	14580	12960	11664
45d	2027	122,7	16,5	450	150	20,0	25,9	P	81080	60810	48648	40540	34749	30405	27027	24324	22113	20270	18711	17375	15203	13513	12162
								f	0,4	0,7	1,1	1,6	2,0	2,8	3,5	4,3	5,3	6,2	7,3	8,5	11,1	14,1	17,3
50a	2300	123,7	18,6	500	160	18,0	24,0	P	92000	69000	55200	46000	39429	34500	30667	27600	25091	23000	21231	19715	17250	15333	13800
50b	2432	131,3	18,5	500	160	19,3	25,6	P	97280	72960	58368	48640	41691	36480	32427	29184	26531	24320	22449	20846	18240	16213	14592
50c	2564	139,4	18,4	500	160	20,6	27,3	P	102560	76920	61536	51280	43811	38460	34187	30768	27971	25640	23668	21906	19230	17093	15384
50d	2695	147,5	18,3	500	160	21,8	29,0	P	107800	80850	64680	53900	46200	40425	35933	32340	29400	26950	24877	23100	20213	17967	16170
								f	0,4	0,6	1,0	1,4	1,9	2,5	3,2	3,9	4,7	5,6	6,6	7,7	10,0	12,7	15,6

1) Für Trägerhöhen bis zu $h = 250$ mm ist die Flanschenbreite $b = 0{,}4\,h + 10$ mm, für $h = 250$—500 mm; $b = 0{,}2\,h + 60$ mm.

Die zulässige freitragende Länge (in m) der Eisenbahnschienen unter Kappengewölben von 1/2 Stein Stärke giebt die folgende Tabelle an. Hier ist auch zugleich angeführt, bis zu welchem Procentsatz der Preis der Schienen im Verhältniss zum Preis für I-Träger von der Güte der Normalprofile steigen darf, wenn erstere nicht theurer werden sollen als letztere.

Tabelle der freitragenden Länge der Eisenbahnschienen unter Kappen.

Pos.	Gewicht der Schienen pro m in kg	Entfernung der Schienen von einander in m / Zulässige freitragende Länge in m							Zulässiges Preisverhältniss in % zu I-Trägern
		1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,50	3,00	
1	26,1	3,00	2,64	2,45	2,27	2,12	1,90	1,73	59
2	29,8	3,41	3,00	2,79	2,58	2,41	2,16	1,97	59
3	32,7	3,73	3,28	3,05	2,82	2,64	2,36	2,16	62
4	42,8	6,06	5,35	4,96	4,60	4,29	3,84	3,51	88
5	65,4	6,41	5,65	5,25	4,87	4,54	4,07	3,71	62 (einschl. Vernietung)
6	85,6	10,20	8,98	8,34	7,73	7,21	6,46	5,90	89 (einschl. Vernietung)

Bei den gewalzten T und I-Trägern nehmen die Herstellungskosten bei wachsender Höhe in dem Maasse zu, dass man, wenn sie höher sein sollen als ungefähr 35 bis 40 cm, billiger **Blechträger** anwendet, die aus Blech und Winkeleisen zusammengenietet sind. Die Höhe eines solchen Blechträgers beträgt bei grosser Spannweite und Belastung 1/15 bis 1/18, bei geringerer 1/20 bis 1/25 der ganzen freien Länge. Näheres über Herstellungsweise von Blechträgern ist aus dem Kapitel der Nietverbindungen Band I zu ersehen.

4. Balkenlagen und Decken.

Die **Balkenlage** in einem Stockwerk kann enthalten:

Durchgehende Balken (*a*) von der Vorder- bis zur Hintermauer mit wenigstens 2 Auflagern in den Mauern.

Stichbalken (*b*) mit einem Auflager in der Mauer und einem Zapfenauflager im durchgehenden Balken.

Wechsel-, Trumpf- oder Schlüsselbalken (*c*) mit zwei Zapfenauflagern in den durchgehenden Balken.

Gratbalken (*d*), diagonal liegend, in welche die Stichbalken eingreifen.

Bundbalken (*e*) unter oder über einer Holz- oder Fachwerkswand.

Giebelbalken (*f*), die letzten an den Giebelwänden liegenden Balken einer Balkenlage.

Streichbalken (*g*), neben massiven Mauern liegend, um Fussboden und Deckentheile daran zu befestigen.

Wandbalken (*h*) werden der ganzen Länge nach von einer Mauer unterstützt.

Fig. 75.

Binderbalken im Dachboden tragen die sog. Dachbinder.

Fig. 75 zeigt solche Balkenlagen.

In Bezug auf die Tragfähigkeit ist das günstigste Verhältniss der Breite eines im Querschnitt rechteckigen Balkens zu seiner Höhe rund 5 : 7. In aussergewöhnlichen Fällen muss die Tragfähigkeit mathematisch bestimmt werden. Für gewöhnliche Fälle genügt als Minimum für die Höhe 15 cm + 2,5 cm für jeden Meter der Spannweite. Auflagerlänge jedes Balkens mindestens gleich seiner Höhe. **Mauerlatten** unter den Balkenauflagern sind zu entbehren, wenn die Mauerung eine gute Unterlage bietet. Es ist günstig, die Balkenköpfe nicht in die Mauer eintreten, sondern auf steinernen oder eisernen Consolen aufruhen zu lassen, weil Balkenköpfe und Mauerlatten leicht verfaulen. Die Entfernungen zwischen den einzelnen Balken betragen 1—1,25 m. Nicht durchgehende Balken können auf der Mittelmauer gestossen werden; es ist jedoch für genügende Verankerung beider Balken Sorge zu tragen. Die Balken, welche auf Rauchröhren oder Oeffnungen in der Balkenlage treffen, müssen durch Wechselbalken unterstützt werden. Liegt hierbei einer der durchgehenden Balken weiter als 20 cm von der äusseren Rohrwandung entfernt, so müssen Bohlenstücke zwischen die Wechsel zur Aufnagelung der Fussboden und Schalbretter eingelegt werden. Alles Holzwerk der Balkenanlagen und Dachverbände muss 25 cm von der inneren Wandung der Rauchröhren entfernt bleiben.

Balken von den üblichen Abmessungen (26 cm Breite bei 32 cm Höhe), welche grössere Weiten als 6,40 m freitragend überspannen sollen, müssen auf **Unterzüge** gelegt werden, die man am besten aus eisernen Trägern, durch eiserne Säulen unterstützt, herstellt. Der Billigkeit wegen werden auch

wohl doppelte verbolzte und verkeilte **Holzpfosten** durch alle Stockwerke hindurch, Hirnholz auf Hirnholz, gestellt, deren Stärke für gewöhnliche Zwecke (16 + *h* in m) bis (16 + 1,33 *h* in m) cm beträgt.

Balkenstärke für frei aufliegende Balken bei gewöhnlicher Belastung.

Freie Spannweite	Des Balkens Breite	Des Balkens Höhe	Bemerkung
3,5 m	18 cm	18 cm	Man macht allgemein bei einer Entfernung von 1,0 m bis 1,1 m die Höhe $h = (16 + 2 . l)$ cm, wenn l = freitragende Balkenlänge ist.
4,0 „	18 „	20 „	
4,5 „	18 „	22 „	
5,0 „	18 „	26 „	
5,5 „	22 „	26 „	
6,0 „	26 „	26 „	
6,5 „	26 „	29 „	
7,0 „	29 „	29 „	
8,0 „	32 „	32 „	

Tragvermögen der Balken von weichem Holz bei gleichförmiger Belastung und beiderseitigem Auflager.

Des Balkens		Freitragende Länge			Bemerkung
		3 m	3,75 m	4,4 m	
Breite	Höhe	kg pro laufende m			
26 cm	26 cm	553	384	282	Bei verzahnten Trägern kann man für 1 m freitragende Länge 26—31 cm Breite und 5 cm Höhe annehmen. Als Belastung wird $^3/_4$ der Last gerechnet, die ein ganzer Balken von gleich grossem Querschnitt tragen könnte.
26 „	29 „	669	465	341	
26 „	31 „	797	553	406	
29 „	29 „	736	511	376	
29 „	31 „	876	609	446	
31 „	31 „	956	663	487	

Die **Auflagerung der Balkenenden** an und in der Mauer zeigen die Fig. 76—88. Die Fig. 76 verdeutlicht die Verankerung eines Balkenendes mit der Mauer. *a* ist die Mauerlatte. Zur Unterstützung von Balken, die nicht direct auf eine Mauer gelegt werden können, oder die man nicht, wie Fig. 77 zeigt, einmauern will, lässt man einige Schichten Ziegelsteine aus der Mauer heraustreten (Fig. 78) oder man wendet **eiserne Consolen** an, die sich entweder nur mit einer vollen Fläche gegen die betr. Wand legen, mit welcher sie verankert sind, oder die in die Wand eingreifen. (Vgl. Fig. 78—88.)

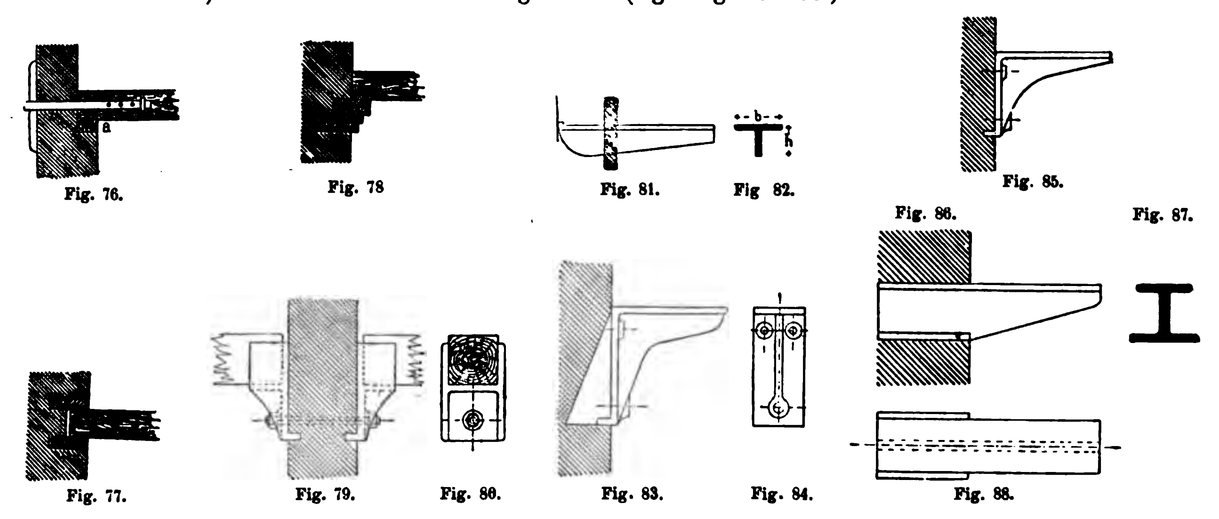
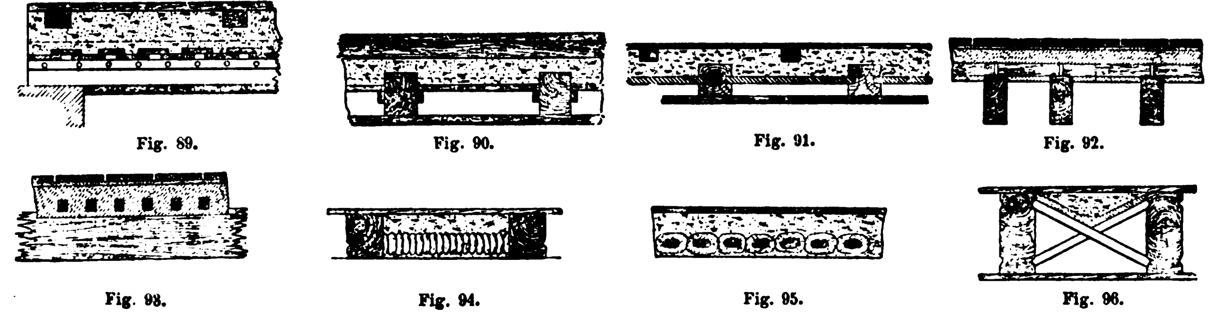


Fig. 76. Fig. 78 Fig. 81. Fig 82. Fig. 85. Fig. 86. Fig. 87.
Fig. 77. Fig. 79. Fig. 80. Fig. 83. Fig. 84. Fig. 88.

Decken und Zwischendecken werden hergestellt, indem man schmale Bretter auf Leisten, die an die Balken genagelt wurden (Fig. 73) oder in Nuthen der Balken legt (Fig. 74). Der Raum über dem so


Fig. 89. Fig. 90. Fig. 91. Fig. 92.
Fig. 93. Fig. 94. Fig. 95. Fig. 96.

gebildeten Boden wird bis etwas über die Balken mit Lehm oder Bauschutt abgeglichen, in welchen dünne Hölzer zum Aufnageln der Fussbodenbretter eingelagert werden. Unter die Balken wird eine dünne Verschalung genagelt, die in der Regel berohrt und verputzt wird. Fig. 89—93 zeigen solche Zwischendecken.

Bei der in den Fig. 92 u. 93 gezeichneten Decke bleiben die Balken an der Unterseite sichtbar. Auf dieselben werden mit Lehm und Stroh bewickelte Hölzer so dicht neben einander gelegt, dass sie eine ununterbrochene Abdeckung bilden. Hierauf werden Hölzer gelegt, die zur Aufnahme des Fussbodens dienen.

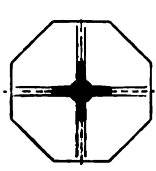
Bei dem **ganzen Windelboden** werden mit Lehm und Langstroh umwickelte Hölzer zwischen die Balken gelegt und die Räume oberhalb sowie unterhalb derselben ausgefüllt. Bei dem **halben Windelboden** werden Hölzer zwischen die Balken eingeschoben, die Fugen werden mit Lehm und Krummstroh oder Lohe gedichtet und der Raum darüber ausgefüllt. Der Raum zwischen der Deckenverschalung und den Hölzern bleibt leer.

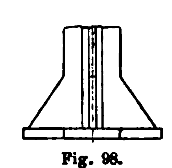
Die Fig. 96 giebt eine Decke mit Kreuzstakung wieder, durch welche die Balkenlage zugleich bedeutend versteift wird.

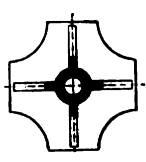
5. Eiserne Säulen.

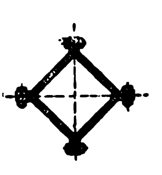
Die **Säulenschäfte** können einen beliebigen Querschnitt haben, wenn dieser nur den hinreichenden Widerstand gegen Zerknickung darbietet. Einige solche Formen zeigen die Fig. 97—101.

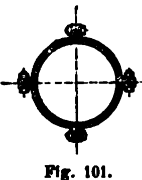
Die drei Formen Fig. 97—99 gelten für Gusseisen. Säulen nach der Form der Fig. 100 u. 101 sind aus schmiedeeisernen Einzelstücken gebildet und zusammengenietet. Als Basis muss in diesen Fällen eine besonders gegossene G u s s p l a t t e dienen.


Fig. 97.


Fig. 98.


Fig. 99.


Fig. 100.


Fig. 101.

Solche und ähnliche Stützen, deren Form das Auge wenig befriedigt, pflegt man in besseren Räumen mit einem M a n t e l a u s Z i n k b l e c h zu umkleiden und sie auf solche Weise in eine wohl proportionirte Säule zu verwandeln.

In der Regel benutzt man jedoch für gusseiserne Säulen den runden und zwar meistens den hohlen Querschnitt.

Tabelle für volle gusseiserne Säulen.

Höhe der Säulen	Durchmesser der Säulen in cm									
	10,4 cm		13,0 cm		15,6 cm		18,3 cm		20,9 cm	
	Gewicht	Belastung	Gewicht	Belastung	Gewicht	Belastung	Gewicht	Belastung	Gewicht	Belastung
m	Ctr.	Ctr.	Ctr.	Ctr.	Ctr.	Ctr.	Ctr.	Ctr.	Ctr.	Ctr.
2,510	4,12	680,5	5,88	1661,5	8,03	3445,3	10,56	6382,8	13,50	10888,9
2,824	4,61	537,7	6,59	1312,8	9,01	2722,2	11,86	5043,2	15,16	8603,5
3,138	5,10	435,5	7,30	1063,3	9,99	2205,0	13,16	4085,0	16,83	6968,9
3,452	5,59	359,9	8,01	878,8	10,97	1822,3	14,45	3376,1	18,49	5759,4
3,766	6,08	302,4	8,72	738,4	11,95	1531,2	15,75	2836,8	20,15	4839,5
4,079	6,57	257,7	9,43	629,2	12,92	1304,7	17,04	2417,1	21,81	4123,6
4,392	7,06	220,2	10,14	542,5	13,90	1125,0	18,34	2084,2	23,48	3555,6
4,705	7,55	193,5	10,85	472,6	14,88	980,0	19,64	1815,5	25,14	3097,3
5,018	8,04	170,1	11,56	417,6	15,86	861,3	20,93	1604,4	26,80	2722,2

Bei hohlen Säulen muss die Wandstärke dem Durchmesser entsprechend stärker werden. Dies ist beachtet in der folgenden Tabelle.

Tabelle für hohle gusseiserne Säulen.

Höhe der Säulen	Aeusserer Durchmesser der Säulen = D														
	10,4 cm			13,0 cm			15,6 cm			18,3 cm			20,9 cm		
	Wandst.	Gew.	Belast.	Wandst.	Gew.	Belast.	Wandst.	Gew.	Belast.	Wandst.	Gew.	Belast.	Wandst.	Gew.	Belast.
m	cm	Ctr.	Ctr.	cm	Ctr.	Ctr.	cm	Ctr.	Ctr.	cm	Ctr.	Ctr.	cm	Ctr.	Ctr.
2,510	1,3	2,35	465,2	1,6	3,20	1135,9	1,6	3,92	2091,9	2	5,31	3590,4	2,5	8,00	7250,9
2,824	„	2,52	367,6	„	3,45	897,5	„	4,25	1652,9	„	5,80	3121,3	„	8,68	5727,9
3,138	„	2,69	297,7	„	3,70	727,0	„	4,58	1338,8	„	6,28	2528,2	„	9,37	4639,1
3,452	„	2,86	246,0	„	3,95	600,8	„	4,91	1106,5	„	6,75	2089,4	„	10,06	3865,8
3,766	„	3,03	206,7	„	4,20	504,8	2,0	6,55	1043,6	„	7,25	1755,7	„	10,75	3220,8
4,079	1,6	3,75	200,1	„	4,45	430,2	„	6,96	889,6	„	7,73	1496,0	„	11,43	2745,5
4,392	„	3,96	172,5	„	4,70	370,9	„	7,37	767,3	„	8,20	1289,9	„	12,12	2368,1
4,705	„	4,17	150,3	„	4,95	323,1	„	7,78	668,6	„	8,69	1123,6	„	12,81	2063,5
5,018	„	4,38	132,1	„	5,20	283,9	„	8,20	587,8	„	9,18	987,6	„	13,50	1814,1

Bei diesen beiden Tabellen ist angenommen, dass die Säulen nach Fig. 102 eine geschwungene Kopfform erhalten, dass sie ferner mit einer Basis *B* von 30—60 cm Höhe sowie entsprechend grösserer Wandstärke, wie auch mit einer Kopf- und Fussplatte versehen sind. Die angegebene zulässige Belastung gewährt eine etwa 6fache Sicherheit. Die Auflagerfläche der Fuss- und Kopfplatten der Säulen sind so gross anzuordnen, dass der Druck *d* auf den qcm ein bestimmtes Maass nicht überschreitet. Es ist für

	Gewöhnl. Mauerwerk in Kalkmörtel	Gutes Trass- und Cementmörtel-Mauerwerk	Mauerwerk in bestem Cement
d =	7 kg	10 kg	14 kg
	Gute natürliche Steine	Tannen- und Fichtenholz	Eichenholz
d =	20 kg	50 kg	60 kg

Dies ergiebt unter der gewöhnlich zutreffenden Voraussetzung, dass die Form der Platte ein Quadrat ist, folgende Tabelle:

Tabelle zur Bestimmung der Breite *b* quadratischer Unterlagsplatten.

Ganze Last in kg	Art der Unterlage					
	Gewöhnl. Kalkmörtel-Mauerwerk $d = 7$ kg	Gutes Trass- od. Cementmörtel-Mauerwerk $d = 10$ kg	Bestes Cement-mörtel-Mauerwerk $d = 14$ kg	Gute natürliche Steine $d = 20$ kg	Tannen- und Fichtenholz $d = 50$ kg	Eichenholz $d = 60$ kg
5000	27 cm	22 cm	19 cm	16 cm	10 cm	9 cm
10000	38 „	32 „	27 „	22 „	14 „	13 „
15000	46 „	39 „	33 „	27 „	17 „	16 „
20000	54 „	45 „	38 „	32 „	20 „	18 „
25000	60 „	50 „	42 „	35 „	22 „	20 „
30000	66 „	55 „	46 „	39 „	24 „	22 „
35000	71 „	59 „	50 „	42 „	26 „	24 „
40000	76 „	63 „	54 „	45 „	28 „	26 „
45000	80 „	67 „	57 „	47 „	30 „	27 „
50000	85 „	71 „	60 „	50 „	32 „	29 „
60000	93 „	78 „	66 „	55 „	35 „	32 „
70000	100 „	84 „	71 „	59 „	37 „	34 „
80000	107 „	90 „	76 „	63 „	40 „	37 „
90000	113 „	95 „	80 „	67 „	42 „	39 „
100000	119 „	100 „	85 „	71 „	45 „	41 „
150000	146 „	122 „	103 „	87 „	55 „	50 „
200000	169 „	141 „	119 „	100 „	63 „	58 „

Fig. 102.

Die Dicke der Unterlagsplatten, die sehr oft auch durch Rippen verstärkt werden, nimmt von den Kanten nach der Mitte hin zu.

Das Fundament der Säulen muss so gross sein, dass der qm des Baugrundes höchstens 20000 bis 25000 kg zu tragen hat.

Da auf die sorgfältige Einstellung der Säulenbasis ausserordentlich viel ankommt, so trennt man dieselbe in der Regel von der Säule, verlegt sie für sich und stellt die Säule darauf. Nur dann, wenn das Fundament der Säule aus Werksteinen oder aus hartgebrannten Steinen in Cementmörtel besteht, braucht die Grundplatte nicht grösser zu sein, als der Säulenquerschnitt. In diesem Falle greift die Platte, ähnlich der hierneben abgebildeten, mit einem platten Zapfen in das Fundament hinein. Kommt die Säule auf Mauerwerk oder auf künstliche Steine zu stehen, so ist zwecks gleichmässiger Uebertragung des grossen Druckes die Grundplatte nach Fig. 103 breiter anzuordnen und der Zapfen derselben mit dem Fundament zu vergiessen.

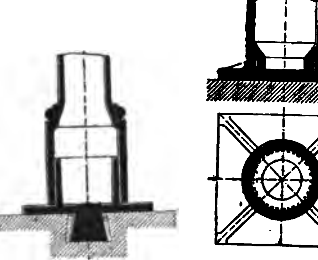


Fig. 103. Fig. 104 u. 105.

Einige andere Verbindungsarten des Säulenfusses zeigen die übrigen Figuren. In Fig. 104 und 105 ist die Säule ohne Sockel mit der Fussplatte direct und ohne weitere Befestigung auf das Fundament gesetzt, ebenso in Fig. 106, wo der Fuss durch eine eingeschraubte Platte verbreitert ist. In Fig. 107 übergreift das untere Säulenende den Ansatz der im Fundament festliegenden Platte.

Lange und stark belastete Säulen müssen stets mit dem Fundament verankert werden. Bei breiten Sandstein-Fundamenten genügt schon, wie in Fig. 108 und 109 dargestellt, ein einziger Grundanker, der mit Blei vergossen wird. Andernfalls vermauert man mit dem Ziegel- bez. Bruchsteinmauerwerk eine starke, unten durch einen Splint befestigte Ankerstange. Die Mutter am oberen Ende derselben hält eine Platte sowie Hülse, über welche die Säule gestülpt wird. Durch Löcher in der Säule wird der

Raum zwischen ihr und der erwähnten Hülse mit Blei ausgegossen. Eine gleichfalls sehr feste Verbindung ist die in der Fig. 110 dargestellte.

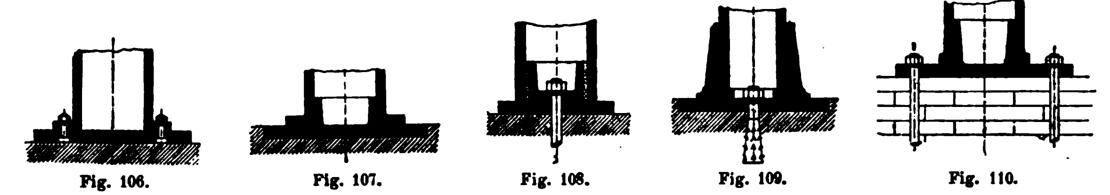


Fig. 106. Fig. 107. Fig. 108. Fig. 109. Fig. 110.

Kommen zwei eiserne Säulen dicht neben einander zu stehen, so erhalten sie eine gemeinschaftliche Fussplatte aus einem einzigen Stück. Die Säulenschäfte werden dann zur Versteifung der Höhe nach miteinander verbunden.

Um **hohe Säulen** nicht unnöthig stark machen zu müssen, hat man (vergl. Fig. 111 und 112) dieselben in ihrem unteren Theile mit radialen Rippen versehen, diesen Theil für sich gegossen und die übrige Säule oben darauf gesetzt. Auch an die Stelle des Capitäls ist dann eine solche Verstärkung durch Rippen getreten.

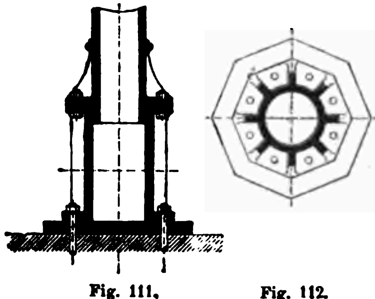


Fig. 111. Fig. 112.

Säulenköpfe. Um an den oberen Enden der Säulen Widerlager für die von denselben unterstützten Gewölbe zu erhalten, giesst man an dieser Stelle schräge Flächen an oder man verschraubt ein besonderes Widerlagerstück mit der Capitälplatte oder man schiebt dasselbe auf einen, über der Capitälplatte befindlichen Ansatz der Säule. Derartige Constructionen zeigen die Fig. 113—120.

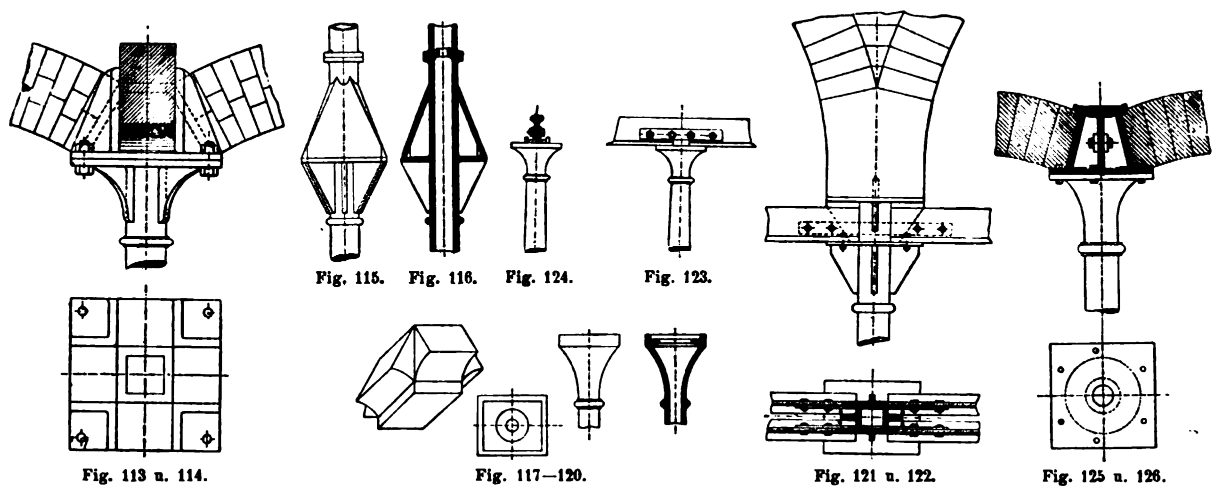


Fig. 115. Fig. 116. Fig. 124. Fig. 123.

Fig. 113 u. 114. Fig. 117—120. Fig. 121 u. 122. Fig. 125 u. 126.

Dient der Säulenkopf ausser als Widerlager auch als Unterstützung von Trägern, so kommen die Anordnungen Fig. 121—127 zur Anwendung. Hier, wie überhaupt bei jeder Unterstützung, sowohl eiserner als auch hölzerner Balken, ist wohl zu beachten, dass dieselben bei einer Aenderung der Temperatur auch ihre Länge ändern und dass aus diesem Grunde das eine Ende eines, beiderseitig unterstützten Trägers stets verschiebbar aufgelagert werden muss. Ebenso darf ein von mehreren Säulen unterstützter Träger nur an einer Stelle mit seiner Unterlage fest verbunden sein.

Der Stoss der Träger muss über einer Säule erfolgen. Auch bringt man an dieser Stelle die Anker an, welche die Träger und Säulen quer zu ihrer Längsrichtung in der richtigen Lage erhalten (Fig. 127).

Uebereinanderstehende Säulen sind fest zu verbinden. Dies geschieht auf zwei Arten, indem man entweder zwischen beide Säulen ein Verbindungsstück bringt oder dieselben direct aufeinander setzt. Die erstere Verbindungsweise zeigen die Fig. 129 und 130. Das gusseiserne Zwischenstück der Fig. 129 kann ebenfalls zur Befestigung einer Säule auf einem I-Träger benutzt werden.

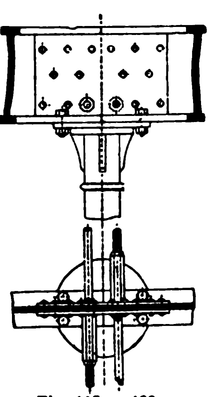


Fig. 127 u. 128.

Am zweckmässigsten und sichersten ist es jedoch, die Säulen direct auf einander zu setzen, wobei allerdings die Berührungsflächen genau abgedreht sein müssen. Einige derartige Beispiele geben die Fig. 131—134.

Für hohe Räume ist diese Anordnung zu empfehlen. Die Fussenden der durch mehrere Stockwerke durchgreifenden Säulen sind mittelst Zugbändern gut miteinander und mit den Frontmauern zu verankern; dieselben werden nirgends sichtbar, da sie der ganzen Länge nach im Balkenfach liegen. Ihre Verbindung mit den Säulenfüssen geschieht in der Regel durch fest angetriebene Keile. Fig. 131 lässt ausserdem auch erkennen, wie I-Träger gestossen werden. Die Laschen greifen je halb um die Säule und sind dann mit dem I-Träger verschraubt. Fig. 132 und 133 ist eine ähnliche Anordnung für Holzbalken, welche doppelt zu beiden Seiten der Säule liegen. Fig. 134 hat mit der Fig. 131 Aehnlichkeit; jedoch sind die consolenartigen Rippen für die I-Träger angesetzt und an den Säulenschaft geschroben.

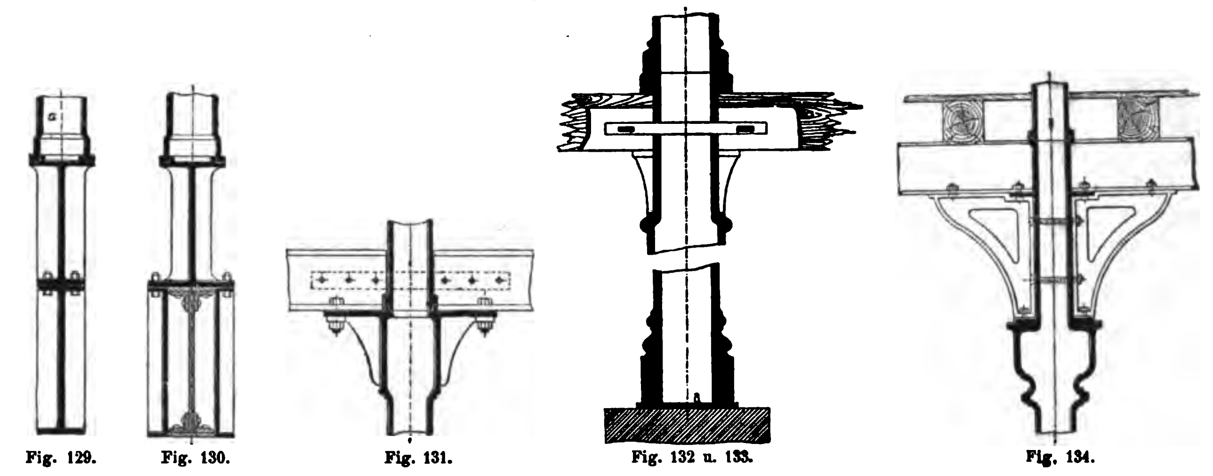


Fig. 129. Fig. 130. Fig. 131. Fig. 132 u. 133. Fig. 134.

Zur **Verbindung gusseiserner Säulen mit verzahnten hölzernen Balken** ist die Anordnung Fig. 135 und 136 zu empfehlen, bei welcher die durch Flacheisen verbundenen Balken sich auf der Säule stossen.

Wie Fig. 135 erkennen lässt, sind die beiden verbolzten oder verzahnten Balken um den Durchmesser der Säule ausgespart. Häufiger wendet man 2 Paar verzahnter Balken an, die dann hochkantig auf einer am Säulencapitäl angegossenen Console aufliegen.

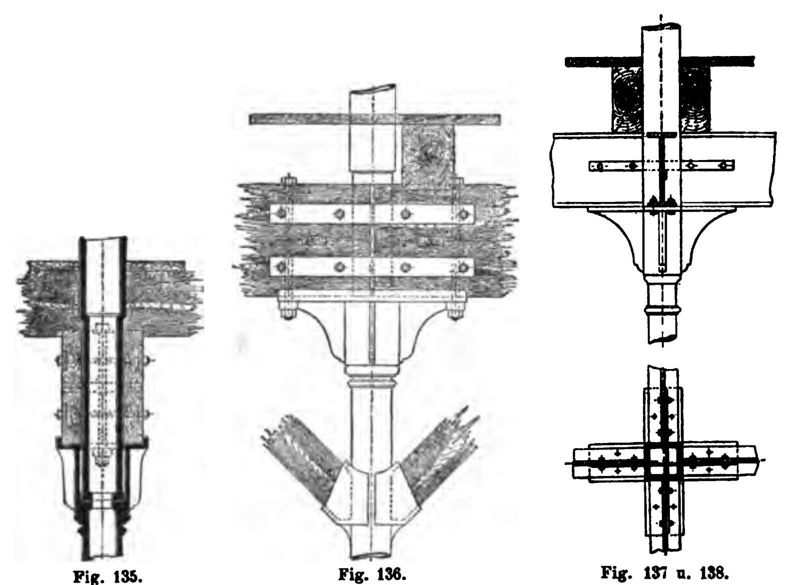


Fig. 135. Fig. 136. Fig. 137 u. 138.

Zwei dem Säulenschaft angegossene taschenförmige Ansätze dienen zur Aufnahme der schrägen Streben, welche den Balken unterstützen.

Die Figuren 137 und 138 zeigen eine Säule, bei welcher 4 I-Träger zusammentreffen. Zwei der letzteren dienen als Unterzüge der Etagenbalken, die anderen beiden zur Unterstützung einer $1/2$ Stein starken Mauer. Um ein gemeinsames Auflager zu schaffen, erhält die Capitälplatte eine kreuzförmige Gestalt. Ueber der Platte erhebt sich ein hohler, an die Säule gegossener Aufsatz, durch den die Schienen hindurchgreifen, welche die stumpf gegen die Säule stossenden Trägerenden mit einander verbinden.

Die Art der **Verbindung eiserner Säulen mit hölzernen Balken** ist in den Figuren 139—145 dargestellt.

Da eine solche Anhäufung von Material am Kopfe der Säule wie bei der Construction (Fig. 139—141) leicht ein Misslingen des Gusses zur Folge haben kann, so giesst man den Sattelbock für die Auflage der Balken als besonderen Theil und schraubt ihn an die Säule fest. Hier ist der Balken in einen gusseisernen Kasten auf dem Säulenkopf gesteckt, dessen Deckplatte durch die Fussplatte der oberen Säule gebildet wird. Die Figuren 142 und 143 zeigen die Construction eines Säulenkopfes, wenn an demselben zwei Unterzüge rechtwinklig zusammenstossen, während die Figuren 144 und 145 noch einen gusseisernen Sattel für zwei sich kreuzende Balken darstellen. Derselbe ist ringsum geschlossen und nur an der vorderen Seite offen, damit hier die

Trägerenden hineingesteckt werden können. In der Mitte stossen sie stumpf gegen eine starke, in den Ecken abgeschrägte Zwischenwand, welche den Hauptdruck aufzunehmen und zu übertragen im Stande ist.

Bei Fig. 142 ist noch hinzuzufügen, dass der Kasten in der Mitte durch eine Querwand getheilt wird. Die obere Säule setzt sich um einen Ring auf dem Balkenkasten und wird auf diesem und so zugleich auch mit den Balken ver-

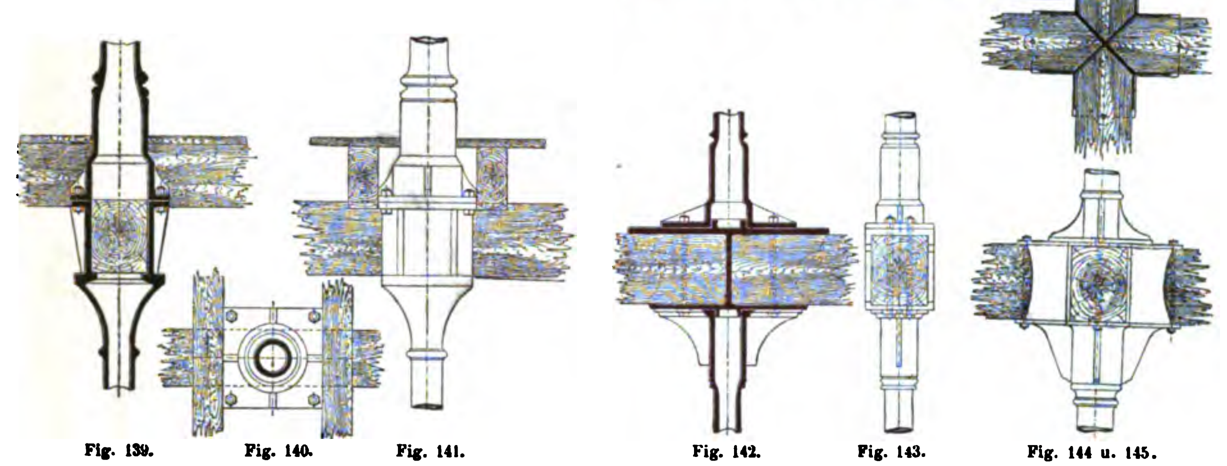


Fig. 139. Fig. 140. Fig. 141. Fig. 142. Fig. 143. Fig. 144 u. 145.

schraubt; die untere Säule ist ganz vom Sattel unabhängig und umfasst nur einen ringförmigen Ansatz des Sattels.

D. Dächer.

Für die Construction ist massgebend die Form und die Neigung des Daches, welche sich nach der Natur des Gebäudes, der örtlichen Lage und nach der Beschaffenheit des Dacheindeckungsmaterials richten.

Der **Form** nach zerfallen die Dächer in solche mit geraden oder gekrümmten Dachflächen.

Die ersteren sind die	Die letzteren die
Sattel-Dächer	Bogen-Dächer
Walm- „	Bohlen- „
Pult- „	Kuppel- „
Mansard- „	
Zelt- „	

Was die **Neigung des Daches** anbetrifft, so übt diese einen ganz wesentlichen Einfluss auf die Construction desselben aus; sie bestimmt sich ihrerseits wieder nach der Lage des Gebäudes (dem Winde ausgesetzt oder geschützt), dem Baustil und der Art der Dacheindeckung.

Die **Kräfte**, welchen das Dachgerüst zu widerstehen hat, sind:

1) Das Eigengewicht (bedeutend bei grossen Spannweiten),
2) Die Last der Eindeckung,
3) Der Winddruck,
4) Die Belastung durch Niederschläge.

Die **Belastung durch Niederschläge** setzt sich aus der Beanspruchung durch starken Regen, Hagelschlag und der Last des Schnees zusammen; erstere beträgt etwa 30 kg, letztere 70 kg pr. qm Dachfläche in der Horizontalprojection. Die Maximalbeanspruchung durch Niederschläge ist also mit 100—120 kg in Rechnung zu bringen.

Die **Belastung durch Windstösse** ist im Mittel zu 185 kg pr. qm der lothrechten Dachfläche anzunehmen.

In den weiter unten folgenden Tabellen findet man Werthe über die Belastungen der Dächer zusammengestellt.

Als Constructionsmaterial verwendet man zu den Dachgerüsten Holz, Holz und Eisen und Eisen allein.

1. Dachverbände aus Holz und aus Holz und Eisen.

Das Holz ist noch für gewöhnliche Bauten das üblichste Material. Die Eindeckung ruht auf den Latten, die auf einen Sparrenrost genagelt sind. Bezüglich der Sparrenstärke hält man sich

an übliche Maasse, so: 13 × 13 cm — 16 × 16 cm oder: 10 × 15 — 13 × 19 cm, und richtet sich hiernach denn auch die freitragende Länge der Sparren. Da sich die Belastung des Daches um so gleichmässiger auf die Sparren vertheilt, je dichter diese zusammen liegen, so nimmt man ihre Entfernung von einander folgendermassen an:

Tabelle der Sparren-Entfernungen und deren freitragende Länge.

Material	Sparren-Entfernung	Freitragende Länge	Im Durchschnitt
1. Ziegel	1—1,2 m	3,75 m	4—4½ m
2. Kronen- und Doppel-Dach	0,9—0,1 m		
3. Schiefer-Dach	1—1,25 m	4,5—5 m	
4. Theerpappe	—1,25 m	5—5,5 m	
5. Metall	—1,25 m		
6. Stroh	1,5—2 m		
7. Holzcement	1 m		

Im Allgemeinen lassen sich die Dachconstructionen eintheilen in

A. **Dächer, deren Sparrenwerk sich auf die Dachbalken stützt.**

B. **Dächer mit versenktem Dachgebälk (Kniestock).**

C. **Dächer ohne Dachgebälk.**

Zu den **Dächern mit Dachstuhl und Sparrenwerk** gehört:

Das einfache Satteldach (Fig. 146—150). Die Sparren sind gegeneinander geneigt, ruhen entweder unter Zwischenlage einer Mauerlatte auf den Mauern oder sind in einem Trambalken eingezapft; der Abstand der Sparren von einander wird durch eine Windrispe gesichert. Die grösste Spannweite beträgt 6—7 m.

Das einfache Kehlbalkendach wird bei grösserer, freier Sparrenlänge länger als 4½ m anzuwenden sein; der Kehlbalken stützt die Sparren. Sparren 11 × 16 cm, Kehlbalken 11 × 24 cm.

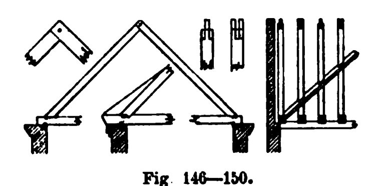


Fig. 146—150.

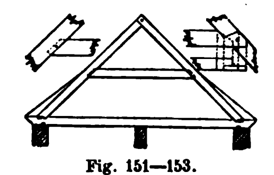


Fig. 151—153.

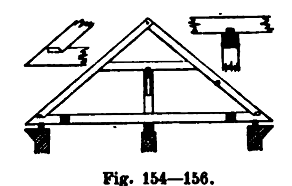


Fig. 154—156.

Der einfache stehende Dachstuhl (Fig. 154—156). Erlangen die Kehlbalken eine solche bedeutende, freitragende Länge, dass sie sich durchbiegen, so stützt man sie durch eine Stuhlwand, die sich aus der Pfette 16 × 18 cm, 18 × 21 der Stuhlsäule und der tragenden Wand zusammensetzt. Ein Sparren, dessen Kehlbalken durch die Pfette und zugleich durch die Stuhlsäule unterstützt ist, heisst ein Hauptsparren oder Binder. Je näher die Binder stehen, desto grössere Festigkeit verleihen sie dem Dache. Bei schwer belasteten Dächern (Kronen-, Doppel-Dach) darf daher die Binder-Entfernung höchstens 4,5 m betragen; mithin ist jeder vierte Sparren ein Hauptsparren. Bei leichteren Dächern kann man auch etwas grössere Entfernungen annehmen.

Der doppelte stehende Dachstuhl (Fig. 157—160) stützt den Kehlbalken zweimal; die tragende Wand steht unter der Mitte des Trams, der sich so auf dieselbe lehnt.

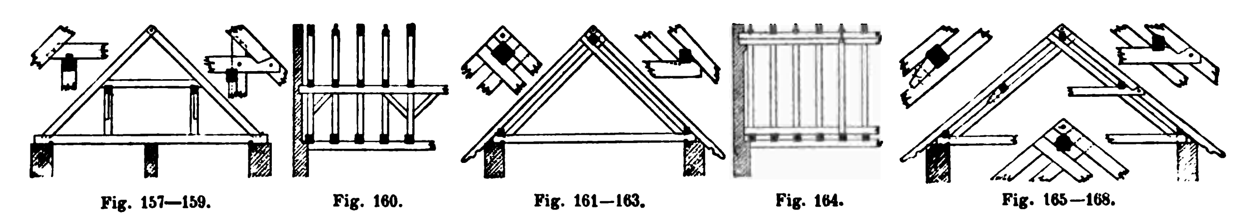


Fig. 157—159. Fig. 160. Fig. 161—163. Fig. 164. Fig. 165—168.

Der liegende Dachstuhl hat schräg gestellte Stuhlsäulen, ist jedoch nicht praktisch wegen des grossen Holzverbrauches. Er bildet den Uebergang zu den zweckmässigen **Pfettendächern**, die sowohl mit stehendem, als auch mit liegendem Dachstuhle construirt werden. Ein solches einfach construirtes Dach zeigen die Fig. 161—164. Die Fig. 165—168 stellen dagegen ein Dach von grösserer Spannweite mit einigen Details dar. Die Sparren wurden so lang, dass sie nochmals durch eine Pfette gestützt werden mussten. Die Befestigung der letzteren auf dem Hauptsparren ist aus den nebenstehenden Einzelheiten zu ersehen.

Die Dächer mit Kniestock sind als ökonomisch zu empfehlen, da man bei wenig geneigter Dachfläche doch einen guten Bodenraum erzielt und das Aussehen der Façade bedeutend hebt. Man kann den Kniestock bei jedem Dache anwenden; die Sparrenenden ruhen nicht auf dem Tram, sondern auf Mauerlatten und jener ist etwas tiefer angeordnet (s. Fig. 169). Als Beispiele von Dächern, die hierhergehören, kann auf Fig. 170, 172 und 173 und auf Fig. 3 und 4 Taf. 1 verwiesen werden, die genugsam die Construction des Kniestockes zeigen.

Satteldächer mit ungleich geneigten Dachflächen kommen in vielfachen Variationen vor, wenn die Langwände ungleich hoch sind oder der First nicht in der Mitte des Gebäudes liegt. Die nebenstehenden Fig. 170—171 zeigen zwei solcher Dächer.

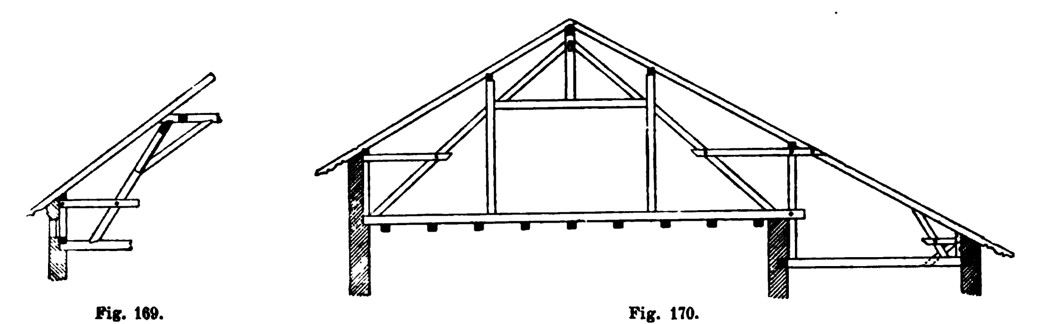


Fig. 169. Fig. 170.

Sheddächer. Für bestimmte Gebäudearten, die viel Licht gebrauchen, reichen die gewöhnlichen Dachconstructionen nicht aus, da die Oberlichter, welche man anwenden könnte, ungenügend wären. Ausserdem sind die grellen, direct auffallenden Lichtstrahlen mit Ausnahme derjenigen aus der Nordrichtung störend und selbst schädlich. Aus diesen Gründen hat man die gesammte Dachfläche in mehrere Dächer von ungleicher Neigung zerlegt und stellt die Fenster im Dache gegen Norden. Als die zweckmässigste Neigung hat sich für die kleinere Dachfläche 60°, für die grössere 30° herausgestellt.

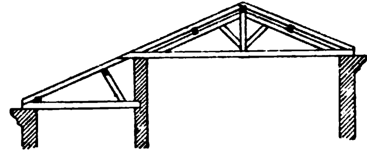


Fig. 171.

Uebliche Spannweiten sind 5—8 m. Einige ausgeführte Constructionen Fig. 5, 9, 14 und 18 auf Taf. 1 lassen das System genügend erkennen und geben Anfschluss über die verschiedensten Einzelheiten.

Die Figuren 14 a — 14 c stellen ein solches ganz aus Holz construirtes Sheddach einer Fassfabrik für 6 m Spannweite dar. Bei der etwas grösseren Spannweite Fig. 18 a wurde die Aufhängung des unteren, waagerechten Balkens durch eine senkrechte, eiserne Zugstange nöthig. Die Säulen bez. Consolen sind hier auch zugleich zur Aufnahme der Transmission eingerichtet. Fig. 18 b—18 c sind Einzelheiten der Verbindung der Balken und Stangen untereinander.

Weiter ausgebildet als die besprochene Construction ist das in Fig. 5 gezeichnete Dach der Kesselschmiede der Locomotivfabrik in Linden bei Hannover. Dasselbe besitzt etwa $8^1/_2$ m Spannweite. Die Umfassungsmauer, sowie auch die Säulen tragen hier zugleich einen Laufkrahn. Drehkrahne sind ebenfalls an einigen der Säulen angebracht, um beim Montiren benutzt zu werden. Für die grössere Lichtweite von 14 m zeigen Fig. 9 a und 9 b auf Taf. 1 die Anordnung. An einem nach dem englischen Dreieckssystem construirten Satteldach ist der eine Bindersparren so weit über den First hinaus verlängert, als nöthig ist, um für die steile Dachfläche die obere Unterstützung darzubieten.

Das ebenfalls zur Gruppe der Sheddächer zu zählende Dach Fig. 12 gewährt dem Lichte Zutritt von zwei Seiten.

Die Pultdächer haben nur eine Dachfläche und kommen meistens bei Anbauten, wo das bereits vorhandene Nachbargebäude als Anschluss dient, oder als Schutzdächer vor. Sie werden wie Satteldächer mit stehendem oder mit liegendem Dachstuhle ausgeführt (Fig. 172). Oft werden auch zwei Pultdächer zusammengestellt und haben dann den Querschnitt Fig. 173; Fig. 174—177 geben einige Details der Verbindung.

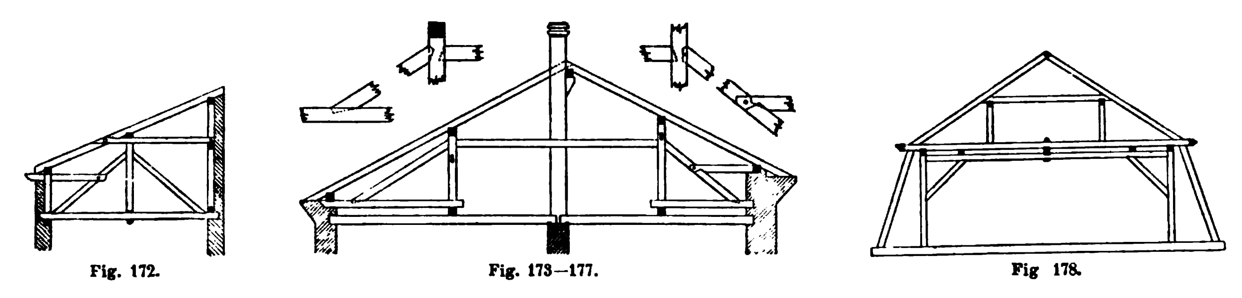


Fig. 172. Fig. 173—177. Fig 178.

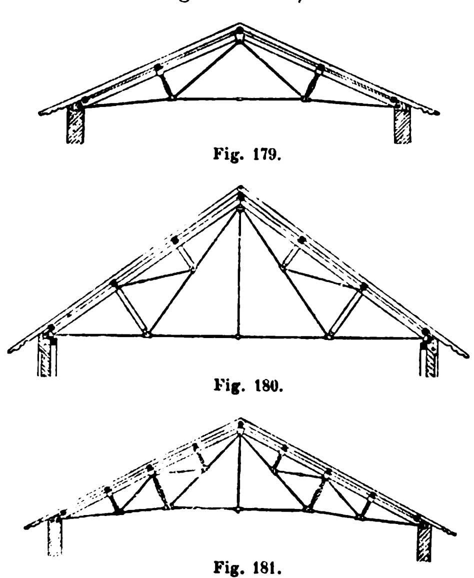
Die Mansarddächer, nach ihrem Erfinder so benannt, haben eine geknickte Dachfläche (Fig. 178), die zwar die billige Herstellung von Dachwohnungen erlaubt, die Anlage ist jedoch äusserst feuergefährlich und deshalb auch in manchen Ländern durch die Baupolizei verboten.

Diese Dächer bilden den Uebergang zu den Bohlen- und Bogendächern.

Die Bohlenbinder werden aus Bohlen geschnitten und zu der erforderlichen Stärke mit Versetzung der Stösse zusammengenagelt oder geschraubt.

Die Bogenbinder sind gekrümmte, schmale Balken, die im gebogenen Zustande fest verbolzt sind.

Alle diese Dächer werden auch aus **Holz und Eisen** construirt und sind dann in den meisten Fällen als praktisch und billig zu empfehlen. Auch für geringe Spannweiten sind sie sehr zweckmässig anzuwenden. In der Regel ist der Holzbalken, welcher einen Zug auszuhalten hat, durch eine schmiedeeiserne Stange ersetzt; oft ist auch eine gusseiserne Strebe für eine hölzerne gewählt.


Fig. 179.
Fig. 180.
Fig. 181.

Einige derartige Constructionen sind in Fig. 179—181 wiedergegeben.

Fig. 179 ist ein einfacher Polonceaubinder. Der Sparrendruck wird durch Pfetten auf den hölzernen Hauptsparren übertragen, der durch eine gusseiserne Strebe gestützt ist, die ihrerseits wieder ihren Halt in einer Dreiecksverbindung von Zugstangen findet.

Fig. 180 ist ebenfalls eine Art von Polonceaubinder. Der Hauptsparren sowohl wie die Druckstreben sind von Holz; die letzteren stützen jene zweimal und übertragen den Druck auf eine Zugstange.

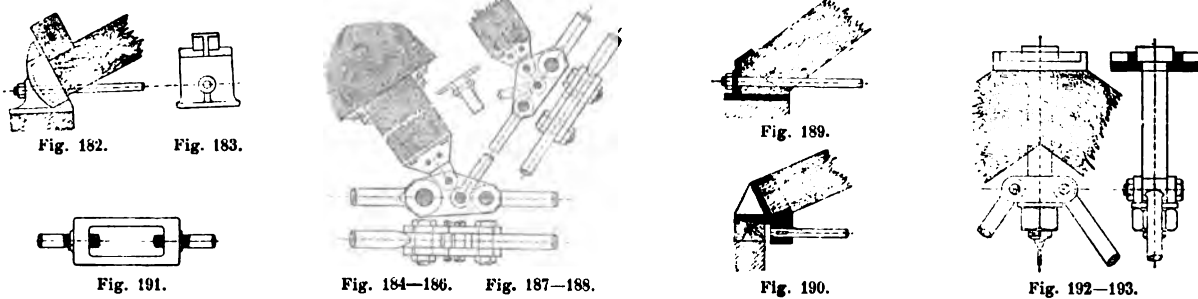
Einzelheiten dieser Construction sind in Fig. 184 bis 186 für den unteren, in Fig. 187—188 für den oberen Knotenpunkt abgebildet.

Fig. 192 und 193 ist die Detailzeichnung des Firstknotenpunktes am Zusammenstosse des Hauptsparrens.

Eine Verbindung der Zugstangen ist in Fig. 191 dargestellt und übrigens auch aus Fig. 42—47 und Fig. 226—228 (s. Eisen-Dächer) zu ersehen.

Fig. 182—190 sind die gusseisernen Schuhe für die Hauptsparren; man erkennt in den Zeichnungen auch einige Befestigungen der Zugstange mit dem Bindersparren.

Fig. 181 endlich ist ein vollständig ausgebildeter Polonceaubinder; Pfetten und Sparren sind von Holz, alle anderen Theile von Eisen. Es muss erwähnt werden, dass diese Art Binder für ganz bedeutende Spannweiten ausreichen.


Fig. 182. Fig. 183. Fig. 191. Fig. 184—186. Fig. 187—188. Fig. 189. Fig. 190. Fig. 192—193.

Einige andere Constructionen von grösseren Holz- und Holz- und Eisen-Dächern, auf Tafel 1 abgebildet, seien nachfolgend kurz beschrieben.

Fig. 1 stellt das Doppeldach der Räderdreherei der Hannoverschen Locomotiv-Fabrik dar. Das Dach trägt eine grosse Laterne, und der untere Binderbalken ist durch eiserne Zugstangen am Hauptsparren aufgehängt. Es ist in der Figur ausserdem auch noch die Lage der Transmissionswellen angegeben; die Lager sind nicht angedeutet.

Fig. 2 ist ein Dach für eine Schmiede von etwa 19 m Lichtweite. Die Laterne dient zum Abführen des Rauches und zur Ventilation. Ein ebensolches Dach ist noch auf der anderen Seite befindlich; dasselbe ist durch die abgebrochen gezeichneten Balken angedeutet.

Fig. 3 stellt, wie schon erwähnt, eine Kniestockconstruction dar; der grosse freie Dachraum ist für viele industrielle Zwecke wünschenswerth; der untere Balken ist ein I-Eisen und dient Gewölbkappen zum Widerlager.

Fig. 4 und Fig. 6 gehören Eisengiessereigebäuden an. Ersteres Dach ist mit einer Laterne versehen und hat etwa 12 m Spannweite. Das letztere zeigt die besonders starke Construction, wo in dem Dachgebälk das obere Zapfenlager eines Drehkrahnes liegt; es muss also ein bedeutender Druck durch die Binder-Construction aufgenommen werden.

Fig. 7 ist dem Gebäude einer Fabrik für Eisenbahnmaterial entnommen. Das zur Darstellung gebrachte Dach befindet sich über der Holzwerkstatt und besitzt Oberlicht. Die Construction ist leicht und frei; die Binder stützen sich auf die durch die Streben gehaltenen Zangen; eine eiserne Zugstange geht durch das Gebäude und verbindet zwei solcher gegenüberliegenden Zangen.

Fig. 8 stellt ein dreitheiliges Dach einer Schweisshalle von 38,8 m Gesammtspannweite vor. In der Zeichnung ist der eine Theil von 10 m Spannweite fortgelassen. Das erwähnte Dach ist eine gewöhnliche Sprengwerksconstruction und stützt sich auf Säulen, von denen die mittleren auch das Hauptdach tragen. Dieses besitzt einen laternenartigen Aufbau; der durchgehende Trambalken ist theils als Unterzug construirt, theils durch schmiedeeiserne Hängestangen am Hauptsparren aufgehängt.

In Fig. 10 kommt ein 12,6 m Spannweite haltendes Dach einer kleinen Maschinenfabrik zur Ansicht. Der Druck der Belastung wird durch Streben direct auf den Verbindungsbalken zweier Sparrenenden übertragen.

Fig. 11, die Zeichnung eines Daches von ca. 13 m Spannweite, ist einem französischen Vorbilde entnommen. Den auf grosse Länge durchgehenden Hauptbalken hat man theils an der Hängesäule aufgehängt, theils durch die auf Consolen ruhenden Zangen der Kniestockconstruction gestützt.

Die Ueberdachung einer Puddlingshalle von 15,6 m Weite stellt Fig. 13 dar. Es ist dies ein sogenanntes Pfettendach. Die Hauptbinder stützen sich auf Säulen. Die Sparren ragen weit über die tragende Pfette hervor und ist der Bindersparren durch eine an den Säulen ihr Widerlager findende Strebe gestützt; eine weitere Strebe und eine starke Zange, die von einer Seite des Daches zur andern läuft, verleihen der Construction Halt und Festigkeit. Die Laterne dient dem bekannten Zwecke der Lüftung.

Fig. 15 ist das Dach der Eisengiesserei der schon erwähnten Hannoverschen Locomotivfabrik. In den 3 Abtheilungen des Querschnittes sind ebensoviele Laufkrahne angebracht, die von Säulen getragen werden, welch letztere auch die ganze Last des Mitteldaches aufnehmen. Die beiden Nebendächer sind als Pultdächer construirt; die in der Mitte des Trambalkens des Nebendaches sich aufstützende Strebe dient dazu, die senkrechten Stützen des Hauptdaches zu halten. Durch das obere Ende der Streben gehen die Zugstangen, die sowohl den Querbalken des Hauptdaches, als auch den senkrechten Balken der Laterne stützen. Da die Umfassungsmauern an der Stelle, wo eine Binderconstruction aufliegt, bedeutenden Schub auszuhalten haben, so ist sie durch einen nach aussen tretenden Pfeiler verstärkt.

Das Dach der Montirungswerkstätte und Dreherei einer kleinen englischen Locomotivfabrik sehen wir in Fig. 16 abgebildet. Die Transmission hängt unmittelbar an dem starken Hauptbalken, auf dem die Verticalstützen mit den schrägen Streben stehen. Die Construction ist jedoch insofern nicht empfehlenswerth, als die Verticalen wegen ihrer grossen Holzverschwendung sehr unvortheilhaft sind. Die schrägen Auflagerflächen für die geneigten Streben sind nur dadurch zu erhalten, dass man die ganze Holzbreite zu beiden Seiten des Balkens fortnimmt. Die Art und Weise einer solchen Verbindung sieht man besser aus Fig. 8 und zwar da, wo die Verbindung mit der erwähnten Aehnlichkeit hat.

Fig. 17 endlich ist ein Theil eines Dachbinders einer französischen Maschinenfabrik. Die Unterstützungen der Sparren ruhen in gusseisernen Schuhen, die mit dem aus verbolzten Theilen bestehenden Hauptsparren verschraubt sind. Eine schmiedeeiserne Zugstange verbindet die Sparrenenden des 18 m weiten Daches, und ein hölzerner Spannriegel befindet sich etwas weiter oben; derselbe ist in der Mitte an einer Hängesäule aufgehängt. Die auf dem Dache befindliche Laterne ist aus Eisen construirt.

Materialstärken der Dachverbände aus Holz und Holz und Eisen. Mit Rücksicht auf die Tabelle über das Eigengewicht der Dacheindeckungen ergiebt sich noch folgende tabellarische Uebersicht der Gesammtbelastung durch Eigengewicht und Eindeckung pro qm Fläche, mit welcher bei hölzernen Dächern zu rechnen ist.

Gewichtstabelle der Eindeckungen und Belastungen pr. qm Dachfläche.

Art der Eindeckung	Belastung in kg pro qm Fläche bei einer Dachneigung von								
	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10
	Gewicht in kg								
Ziegel { doppelt gedeckt	290	260	244	—	—	—	—	—	—
Ziegel { einfach gedeckt	264	233	218						
Schiefer { englisch	238	208	193	183	—	—	—	—	—
Schiefer { deutsch	258	225	218	196					
Asphalt { mit Lehm	238	208	193	183	178	175	173	170	168
Asphalt { mit Fliesenunterlage	264	233	218	208	203	200	198	195	193
Zink oder Eisen	203	173	157	147	142	140	137	135	132
Theerpappe oder Filz	193	168	147	137	132	130	127	125	123
Stroh und Rohr { mit Lehm	238	208	—	—	—	—	—	—	—
Stroh und Rohr { ohne Lehm	223	193							

Tabellen der Dimensionen des Holzes bei Dächern von 6—12 m Spannweite.

Die Höhe H und die Breite B des Balkens ist in Centimetern.

Bezeichnung der Construction	Spannweite in m	Binderbalken, keine Decke tragend		Binderbalken, eine Decke tragend		Kehlbalken		Dachstuhlsäule		Hauptsparren		Pfosten der Firstplatte		Kopf- und Fussbüge		Tragbänder		Firstpfette		Kopfbänder der Firstpfette		Pfette, Unterlagen und Knagge		Rahmstock in der Höhe der Kehlbalken		Rahmhölzer am Fusse der Hauptsparren		Stichbalken		Dachsparren		Aufschieblinge	
		H	B	H	B	H	B	H	B	H	B	H	B	H	B	H	B	H	B	H	B	H	B	H	B	H	B	H	B	H	B	H	B
Einfacher Dachstuhl	6	27	24	32	27	—	—	—	—	22	19	19	19	16	16	—	—	19	16	15	15	19	19	—	—	12	23	—	—	9	9	8	7
	9	33	30	40	32	—	—	—	—	26	24	24	24	19	19	—	—	20	17	16	16	20	20	—	—	14	25	—	—	10	10	9	8
	12	40	36	47	37	—	—	—	—	32	30	30	30	21	21	—	—	22	10	17	17	22	22	—	—	16	28	—	—	11	11	10	9
Dachstuhl mit Kehlbalken und Pfosten von der Firstpfette bis zum Hauptbalken	6	—	—	42	30	21	19	—	—	22	19	19	19	15	15	19	15	19	16	15	15	19	19	—	—	12	23	—	—	9	9	8	7
	9	—	—	52	30	27	24	—	—	26	24	24	24	18	18	24	18	20	17	16	16	20	20	—	—	14	25	—	—	10	10	9	8
	12	—	—	63	45	33	30	—	—	32	30	30	30	22	22	30	22	22	19	17	17	22	22	—	—	16	28	—	—	11	11	10	9
Dachstuhl mit Kehlbalken und Dachstuhlsäulen	6	—	—	42	30	21	19	24	19	18	15	15	15	14	14	19	15	19	16	15	15	19	19	19	19	12	23	18	14	9	9	8	7
	9	—	—	52	37	27	24	29	24	22	18	18	18	16	16	24	18	20	17	16	16	20	20	20	20	14	25	20	15	10	10	9	8
	12	—	—	63	45	33	30	35	30	27	20	22	22	18	18	30	22	22	19	17	17	22	22	20	22	16	28	22	16	11	11	10	9
Dachstuhl eines Mansard-Daches	6	—	—	42	30	23	20	22	20	20	18	18	18	14	14	20	13	19	16	15	15	19	19	20	20	12	23	18	14	9	9	8	7
	9	—	—	52	37	30	27	29	27	25	23	23	23	16	16	27	18	20	17	16	16	20	20	21	21	14	25	20	15	10	10	9	8
	12	—	—	63	45	36	33	34	33	30	28	28	28	18	18	33	22	22	19	17	17	22	22	23	23	16	28	22	16	11	11	10	9

Fig. 194.

Fig. 194a.

Tabelle der Holzstärken von Dächern von 30′—80′ engl.*)

(Hierzu Fig. 194 und 194a.)

Bezeichnung		Spannweiten in ′ engl. und m: 30′ = 9,2 m Zoll	= mm	35′ = 107 m Zoll	= mm	40′ = 12,2 m Zoll	= mm	45′ = 13,7 m Zoll	= mm	50′ = 15,3 m Zoll	= mm	55′ = 16,8 m Zoll	= mm	60′ = 18,3 m Zoll	= mm	70′ = 21,4 m Zoll	= mm	80′ = 24,4 m Zoll	= mm
Haupt- od. Trambalken	a	5×6	127×152	6×7	152×179	6×8	152×203	7×8	179×203	8×9	203×229	8×12	203×305	9×11	229×279	10×11	254×279	10×12	254×305
Hauptsparren	b	5×5	127×127	5×6	127×152	6×7	152×179	7×7	179×179	8×8	203×203	8×9	203×229	9×9	229×229	9×10	229×254	10×11	254×279
Kehlbalken	c	5×5	127×127	5×6	127×152	6×7	152×179	7×7	179×179	8×8	203×203	8×9	203×229	9×9	229×229	9×10	229×254	10×11	254×279
Sparren	d	2×5	51×127	2×5	51×127	2×6	51×152	2×6	51×152	2×6	51×152	2×7	51×179	2×7	51×179	2½×8	64×203	3×9	76×229
Pfetten	e	5×6	127×152	5×6	127×152	5×6	127×152	6×7	152×179	6×8	152×203	6×8	152×203	6×9	152×229	6×9	152×229	6×9	152×229
Streben	f	3×4	76×102	3×5	76×127	3×6	76×152	4×7	102×179	4×8	102×203	5×8	127×203	5×9	127×229	6×9	152×229	6×9	152×229
Zugstange	h	1	25	1	25	1	25	1⅛	29	1¼	39	1⅜	35	1½	38	1¾	44	2	51
Bolzen		¾	19	¾	19	¾	19	¾	19	⅞	22	1	25	1⅛	28	1¼	39	1⅜	35

*) Nachstehende Tabelle ist dem „Pocket-Book of Mechanics and Engineering“ by John W. Nystrom entnommen.

2. Die eisernen Dachverbände.

Die schmiedeeisernen Dächer haben sich besonders in den letzten Jahrzehnten einen dauernden Platz als vollständig feuersichere Constructionen bei allen namhaften Bauten gesichert.

Die Form der Dächer ist gewöhnlich die des Satteldaches, jedoch werden keine Dachstühle construirt, vielmehr werden **die Binder** aus einem Systeme fester, unverschieblicher Dreiecke gebildet, in deren Bereich nur Zug- und Druckkräfte auftreten. Auf dem Bindersparren ruht die eiserne Pfette oder schliesst sich seitlich an; auf ihr liegen dann die Sparren mit dem Eindeckungsmaterial. Die eisernen Dächer haben den Vorzug der Leichtigkeit, grösserer Dauer und meistens auch der Billigkeit. Die Construction ist gewöhnlich die eines Pfettendaches, da in Entfernungen von 3—3,3 m einzelne Haupt- oder Bindersparren aufgestellt werden, welche zur unmittelbaren Unterstützung der Pfetten und des Deckungsmateriales dienen.

Bei einem Gebäude von 4—5 m Tiefe bedürfen die Sparren keiner Unterstützung, jedoch ist es empfehlenswerth, die Fussenden der Sparren zu verbinden (Fig. 195).

Wird es nöthig, die Sparren noch zu unterstützen (bei 8—9 m Spannweite) so kann dies entweder, wie Fig. 196 andeutet, geschehen, oder auf zweckmässigere Weise, wie in Fig. 197 skizzirt, denn es fallen hier die Druckstreben weit kürzer aus und sind viel besser anzuschliessen. Der durchschnittliche Abstand für die Streben lässt sich zu 2,3 m angeben. Wenngleich auch der Querschnitt der Sparren und die Entfernung der Binder von wesentlichem Einflusse sind, so ist für Ueberschlagsrechnungen doch häufig ein solcher Werth sehr willkommen.

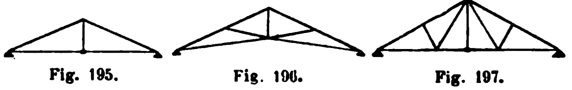


Fig. 195. Fig. 196. Fig. 197.

Fig. 198 ist das Netz eines Daches für 13—14 m Spannweite; auf grössere Entfernung der Stützen wird die Construction nicht mehr vortheilhaft sein wegen der grossen Länge, die die Druckstreben dann erhalten. Für dieselbe Spannweite ist Fig. 199 passend; die Binder sind jeder für sich als Hängewerk construirt und dann durch zwei Zugstangen verbunden.

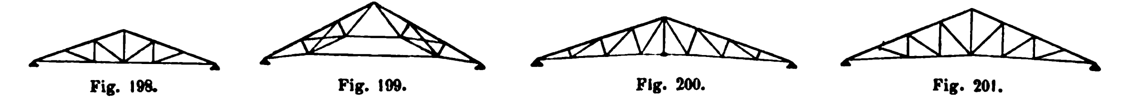


Fig. 198. Fig. 199. Fig. 200. Fig. 201.

Für Spannweiten 17—18 m sind die Dächer Fig. 200 und 201 bestimmt. Die letztere Construction ist insofern als die zweckmässigere zu bezeichnen, als in Fig. 200 die Druckstreben länger sind, mithin auch der Materialverbrauch grösser ist.

Fig. 202 stellt einen Binder für 22 — 24 m Tiefe des Daches dar. Der Hauptsparren wird von 2 Verticalen des Hauptsystems und von 3 solchen des Nebensystems gestützt; die gedrückten Theile sind alle nur von geringer Länge. Handelt es sich darum, bei bedeutender Spannweite (22 – 24 m) und geringer Neigung des Daches doch ein günstiges Pfeilverhältniss und somit einen guten Anschluss der Theile untereinander zu erzielen, so bedient man sich des Binders Fig. 203. Derselbe ist ein umgekehrter Polonceau-Binder mit einer Neigung der Zugstangen nach unten. Die Construction ist natürlich auch in einfacherer Weise für geringere Spannweiten zulässig.

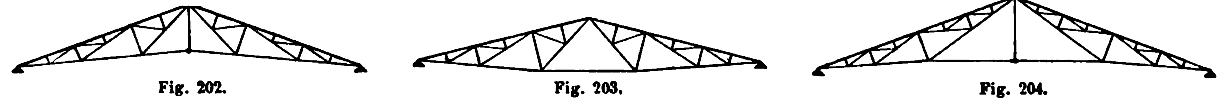


Fig. 202. Fig. 203. Fig. 204.

Mittelst einer Anordnung, wie Fig. 204 zeigt, welche ein sehr erweitertes Polonceau-System ist, lassen sich Dächer von 27—28 m Spannweite herstellen.

Eine grosse Zahl von Zeichnungen der Netze eiserner Dachverbindungen der verschiedensten Arten sind auf Taf. 2 enthalten. Wir verweisen auf den erläuternden nachfolgenden Text, der in einer Tabelle (S. 32) enthalten ist.

Einzelheiten schmiedeeiserner Dächer.

Auflager. Ein wesentlicher Umstand bei den Eisenconstructionen, den man sehr wohl zu beachten hat, ist das Ausdehnen und Zusammenziehen der Eisentheile bei Temperaturänderungen. Mit Rücksicht hierauf sind auch die Auflager zu construiren.

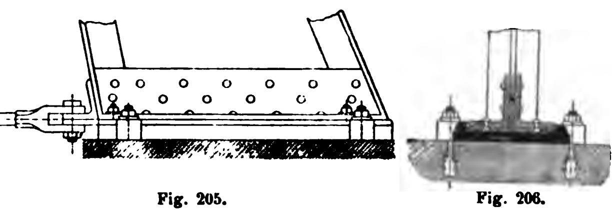


Fig. 205. Fig. 206.

In Fig. 205 und 206 geben wir die Skizze des Auflagers vom Dachstuhle des Längs- und Querschiffes des Domes zu Köln. Bei einer Construction, wie sie Fig. 9 und 14, Taf. 2 darstellt, würde man auch von dem Auflager Gebrauch machen können. Das mit einer Gleitplatte versehene Trägerende gleitet

in dem gusseisernen Schuh, welcher durch Steinschrauben auf dem Fundament verankert ist. Fig. 205 zeigt den Anschluss einer Zugstange.

Fig. 207. Fig. 208.

Ein Auflager für die Binder Fig. 3, 10, 16 etc., Taf. 2 passend ist in Fig. 207 abgebildet. An dem Binder ist das Knotenblech für eine Verbindungsstange angeschlossen und so weit verlängert, dass ein I-Träger noch angenietet werden konnte, der einen hölzernen Sparren trägt. Statt des hölzernen kann man auch einen beliebigen Eisensparren wählen, nur ändert sich dann die Eindeckungsart; Fig. 207 ist für Kroneneindeckung bestimmt.

Soll der Sparren über die Frontwände hervorragen, wie in Fig. 4, Taf. 2, so ist ein Auflager, welchem Fig. 208 entspricht, anzuwenden. Dieses Detail ist einem sehr flachen Dache entnommen, welches mit Metall (Zink, Wellblech) eingedeckt ist.

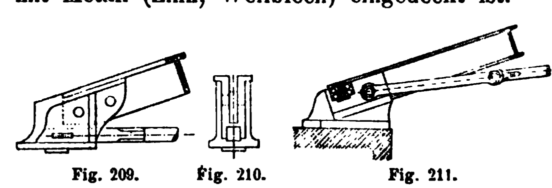

Fig. 209. Fig. 210. Fig. 211.

Fig. 3, 12, 13, 18 würden Auflager, wie sie Fig. 209—210 zeigen, erhalten. In Fig. 209 und 210 ist der T-Eisen-Sparren in einen Gusseisen-Schuh gesteckt und die Zugstange durch Keile befestigt. Bei Fig. 211 ist das Ende der Zugstange zweitheilig gegabelt und durch einen Bolzen mit dem Auflagerschuh und dem Binder befestigt.

Verbindungen der Knotenpunkte. Hier können wir auf die in Fig. 181—192 gegebenen Verbindungen hinweisen, die sich leicht zu ganz eisernen Verbänden umwandeln lassen, in der Art, wie sie nachfolgend besprochen werden.

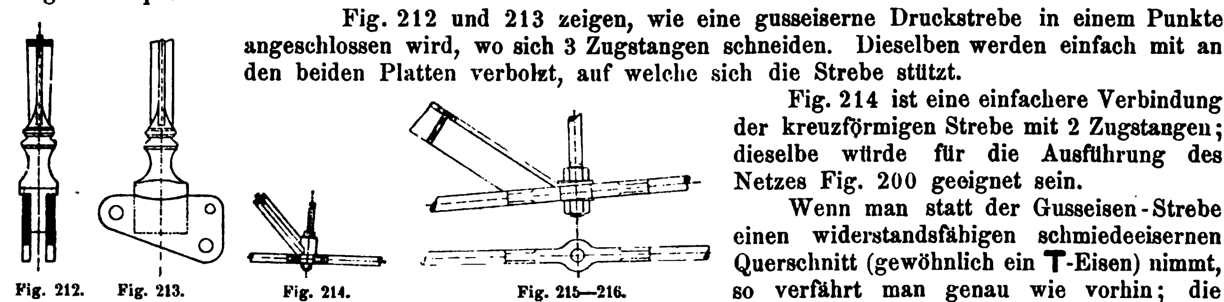
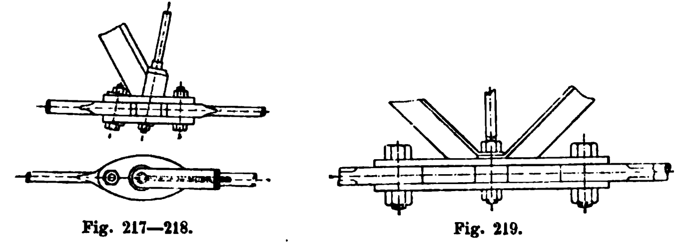
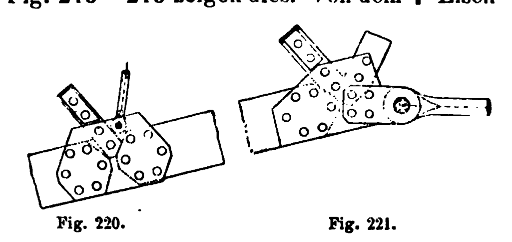

Fig. 212. Fig. 213. Fig. 214. Fig. 215—216.

Fig. 212 und 213 zeigen, wie eine gusseiserne Druckstrebe in einem Punkte angeschlossen wird, wo sich 3 Zugstangen schneiden. Dieselben werden einfach mit an den beiden Platten verbolzt, auf welche sich die Strebe stützt.

Fig. 214 ist eine einfachere Verbindung der kreuzförmigen Strebe mit 2 Zugstangen; dieselbe würde für die Ausführung des Netzes Fig. 200 geeignet sein.

Wenn man statt der Gusseisen-Strebe einen widerstandsfähigen schmiedeeisernen Querschnitt (gewöhnlich ein T-Eisen) nimmt, so verfährt man genau wie vorhin; die Fig. 215—215 zeigen dies. Von dem T-Eisen


Fig. 217—218. Fig. 219.

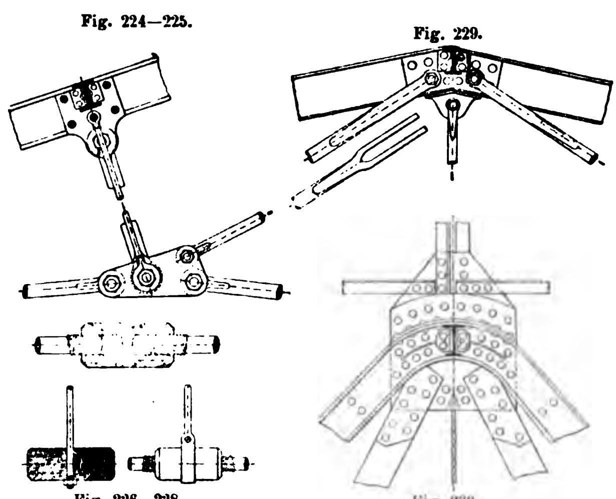

Fig. 220. Fig. 221.

ist der Steg in der richtigen Neigung fortgehauen, die Flansche umgebogen und die Zugstange hindurchgesteckt. Bei der Anordnung Fig. 217—218 geht die Zugstange nicht durch, sondern ist an zwei Kuppelplatten angeschlossen, welche die Zugstange schräg durchschneidet, zu gleicher Zeit die T förmige Druckstrebe mittelst eines geschmiedeten Auges befestigend. Fig. 219 ist eine Combination aus den beiden letzten Anordnungen; dieselbe würde für den unter dem First liegenden Knotenpunkt anzuwenden sein.

Verschiedene Knotenpunkte eines Polonceaubinders zeigen Fig. 220 und 221. Erstere Verbindung würde z. B. für jeden der Knotenpunkte passen, in welchem sich 4 Stangen schneiden, mit Ausnahme der beiden horizontalen Eckpunkte des Mitteldreiecks; hier ist Fig. 221 anzuwenden. Die 4 Stangen werden einfach durch ein doppeltes Knotenblech aneinander geschlossen. In Fig. 221 hat man eine runde Stange mit einem Bolzen an ein kurzes Knotenblech befestigt. Sollen an den Hauptsparren eine geneigte Druckstrebe und eine verticale Zugstange angeschlossen werden, so kann man sich nach Fig. 222—223 richten. Die Zugstange ist gegabelt und besitzt ein Loch zur Aufnahme eines Bolzens.

Fig. 224—225 lässt am Hauptsparren die Anordnung der Querträger erkennen. Die dünnere Rundeisen-Stange dient zur Längsaussteifung.

Die Verbindung zweier Zugstangen endlich geben wir nochmals in Fig. 226—228; die letzteren beiden zeigen auch, wie man die Zugbänder aufzuhängen hat, damit sie sich nicht durchbiegen.


Fig. 222—223. Fig. 224—225. Fig. 229. Fig. 226—228. Fig. 230.

Knotenpunkte am First. In Fig. 220 wird gezeigt, wie zwei schräg gerichtete und eine verticale Zugstange am First angeschlossen werden; dieselben sind gegabelt und werden durch Bolzen befestigt.

Das kleine in Fig. 229 sichtbare I-Eisen trägt die Sparren und dient als Querträger.

Der Firstknotenpunkt eines Polonceaubinders, auf dem noch eine Dachlaterne befindlich ist, wird durch Fig. 230 zur Anschauung gebracht. Der Anschluss der einzelnen Theile ist einfach durch Festnieten an Knotenbleche bewirkt.

Es mögen jetzt die schon früher erwähnten Beispiele vollständig zusammengestellter Dächer folgen. Ihre Bezeichnung, das Jahr der Erbauung, das System der Construction, die Spannweite und das Eisengewicht pro qm findet man in nachstehender tabellarischer Uebersicht.

Tabelle des Eisengewichtes mehrerer Dachconstructionen pro qm-Fläche ausschliesslich der Eindeckung.

Figuren-Nr. auf Taf. 2	Bezeichnung des Gebäudes	Jahr der Erbauung	System der Dachconstruction	Lichtweite des Daches in m	Eisengewicht pro qm der überdachten Fläche in kg	Bemerkungen.
1	Halles centrales in Paris	1855—65	Sprengwerke aus Gitterbalken mit Zugstangen.	29,80	50,00	Mehrere quadratische Pavillons. Eingedeckt mit Glas und Zinkblech.
2	Bahnhof-Halle in Liverpool (Great Northern).	1872	Korbbogenförmige Sparren aus Dreieckfachwerk mit Zugstangen in gebrochener Linie und 9,5 m breiter Laterne. Dachhöhe 13 m.	53,00	58,80	Länge 165 m. Entfernung der Gespärre 16,5 m. Preis pro qm 14,5 Francs.
3	Dach der Giesserei im Arsenal Woolwich (England).	1870	Sparrendach mit Zugstangen und verticaler Sparrenstütze, sowie einer 9 m breiten niedrigen Rauchabzugslaterne.	28,60	32,50	Länge 52,60 m. Entfernung der Gespärre 3,8 m. Dachhöhe 4,7 m. Preis pro qm 20 Francs.
4	Neue Bessemerhütte in Reschitza im ungar. Banate.	1875	Polonceaugespärre aus I-Eisen mit drei Sparrenstützen aus geschmiedetem Bessemerstahl mit 2,2 m breiter Laterne. Pfetten aus ∠-Eisen.	25,28	61,56	Stützweite 26,28 m. Länge 36,94 m. Entfernung der Gespärre 3,16 m. Dachhöhe 9,69 m. Eindeckung mit Eisenblech Nr. 20.
5	Bahnhof St. Pancraz in London.		Korbbogenförmige Sparren aus Fachwerk ohne Zugstangen. Pfeil 26 m.	73,00	150,00	Länge 216 m. Entfernung der Gespärre 9 m. Preis pro qm 82,4 Francs.
6	Getreide-Markthalle in Alençon (Frankreich).	1864	Halbkreisförmige Bogengespärre aus Gitterwerk mit einem Zugstangensystem. Auf der Kuppel sitzt eine Laterne mit 6 m Durchmesser.	28,00	60,00	Die Halle ist kreisförmig. Die Kuppel mit Zinkblech eingedeckt. Preis pro qm 55,65 Francs.
7	Bahnhof-Halle in Nancy (Frankreich).		Korbbogengespärre aus Gitterwerk mit einem polonceauartigen Zugstangensystem und 6,8 m breiter Laterne. Pfeilhöhe 7,4 m. Holzpfetten.	27,40	32,00	Länge 98 m. Entfernung der Gespärre 7 m. Preis pro qm 40 Francs.
8	Bahnhof-Halle der Kaiser Franz-Josef-Bahn in Wien.	1871	Polonceaugespärre aus Gitterwerk mit einer Sparrenstütze. Holzpfetten. Dachhöhe 4,745 m.	28,50	29,04	Länge 139,5 m. Entfernung der Gespärre 6,32 m. Das Dach ist mit Schiefer gedeckt, die sehr niedrige Laterne mit Zinkblech ohne Holzunterlage.

Tabelle des Eisengewichtes etc.

Figuren-Nr. auf Taf. 2	Bezeichnung des Gebäudes	Jahr der Erbauung	System der Dachconstruction	Lichtweite des Daches in m	Eisengewicht pro qm der überdachten Fläche in kg	Bemerkungen.
9	Retortenhaus in Berlin, Hellweg 8.	1872	Polonceaugespärre mit einer Stütze. Die Sparren sind zwischen den Stützpunkten fischbauchartig gekrümmt. Dachhöhe 5,42 m.	18,83	26,90	Länge 20,09 m. Entfernung der Gespärre 2,83 m. Inanspruchnahme des Eisens 7,5 kg pro qmm. Eindeckung mit gewelltem Zinkblech.
10	Dach einer Bahnhofs-Halle in Berlin.	1873	Sparrendach mit Zug- und Druckstangen.	12,8	34,00	Länge einer Hängesäule 3 m. Preis eines Binders 191 M. Das Dach befindet sich 4,5 m über dem Erdboden.
11	Dach über einem Magazin.	1875	Polonceaubinder mit Gittersparren und halb mit Zink-, halb mit Glaseindeckung.	23,3	42,30	Das Totalgewicht des Daches ist 61 190 kg. Das kg kostet ca. 1,16 M. Die Dachhöhe ist 4,1 m.
12	Dach über der Locomotiv - Werkstatt von Borsig in Berlin.	1862	Sparrendach mit Zugstangen und verticaler Sparrenstütze und Laterne mit Ventilationsklappen.	18,6	39,30	Binderentfernung ca. 1,7 m. Pfetten sind nicht vorhanden. Jeder Sparren besteht aus Flacheisenschienen, auf denen die Schalung ruht.
13	Werkstätten-Halle in Creuzot (Frankreich).	1867	Polonceaugespärre aus I-Eisen mit einer Sparrenstütze. Dachhöhe 4 m.	20,00	17,20	Die Entfernung der Gespärre beträgt 5 m.
14	Bahnhof - Halle in Stuttgart.	1865	Die Gespärre bestehen aus Sichelbogenträgern, die durch ein eigenthümliches Fachwerksystem verstärkt sind; die Laterne ist 4,4 m breit. Gespärrhöhe 12,2 m. Sichelträgerhöhe 7 m.	29,08	43,69	Länge 152,5 m. Entfernung der Gespärre 4,6 m. Eindeckung 45 Proc. der Fläche mit Glas und 55 Proc. mit Zinkblech.
15	Bahnhof - Halle in Mannheim.	1873	Die Seitenhallen haben einfache Eisensparren mit horizontalen Zugstangen. Die Mittelhalle hat belgische Gespärre mit einer Stütze und abgerundeten Eckversteifungen. Alle drei Hallen haben Laternen.	14+19 +14= 47,00	40,00	Länge 103,3 m. Entfernung der Gespärre von 5,92—7,81 m. Höhe des Mitteldaches ohne Laterne 3,2 m. Breite der Laterne 3,5 m. Die Zugstangen sind aus Flacheisen. Gewicht pro qm eingedeckter Fläche sammt den 8,5 m hohen Gussäulen 96,11 kg. Kosten pro qm 43,75 M. Eindeckung $^1/_4$ mit Glas und $^3/_4$ mit Zinkblech.
16	Bahnhof-Halle in Amsterdam.	1863	Sichelträger mit Gurtungen aus Gussröhren, einem Dreieckfachwerk und 12 m breiter Laterne. Pfeil 5,5 m.	40,00	44,00	Hallenlänge 100 m. Entfernung der Gespärre 8,33 m. Preis pro qm ohne Montirung und Transport (in England) 27 Francs. Dachhöhe 11 m. Höhe des Sichelträgers in der Mitte 5,5 m.
17	Bahnhof-Halle in Zürich (Schweizer. Nordostbahn).	1869	20 Hauptgespärre aus Fachwerksichelträgern, zwischen welchen in Entfernungen von je 4,39 m kreisförmige Stichbogenträger von 3,024 m Pfeilhöhe und 13,5 m Spannweite, mit 3,18 m breiten Laternen eingestellt sind. Diese Zwischendächer sind 3,965 m hoch.	41,55	90,52	Stützweite 42,34 m. Hallenlänge 169 m. Entfernung der Hauptgespärre je 4,5 und 13,5 m abwechselnd. Die Sichelträger sind in der Mitte 3,22 m und an den Enden 1,054 m hoch. Die Eindeckung ist mit Wellenblech auf Eisenpfetten ohne Holzzwischenlage durchgeführt. Gewicht pro qm mit der Blecheindeckung 98,52 m. Der Längenschnitt der Halle zeigt 9 Bogensegmente mit 9 Laternen.
18	Bahnhof-Halle in Bordeaux.	1858	Polonceaugespärre aus I-Eisen mit drei Sparrenstützen und 11,5 m breiter Laterne. Dachhöhe 8 m.	30,00	40,40	Länge 42 m. Entfernung der Gespärre 4,15 m. Preis pro qm 44,30 Francs. Eingedeckt mit Glas und Schiefer.
19	Potsdam-Magdeburger Bahnhof-Halle in Berlin.	1872	Bogenträger mit horizontalen Zugstangen und 5 m breiter Laterne. Dachhöhe 7,4 m ohne Laterne, 10 m mit Laterne.	35,55	65,00	Stützweite 36,72 m. Länge 172 m. Entfernung der Gespärre 7,5 m. Eindeckung $^7/_8$ mit Glas und $^1/_8$ in Wellenblech auf eisernen Pfetten und O förmigen Rinneisen.
20	Bahnhof-Halle in Philadelphia (Baltimore-Bahn).		Stichbogenförmige Sparren aus Fachwerk mit horizontalen Zugstangen. Pfeil 8 m. Holzpfetten.	45,50	27,00	Entfernung der Gespärre 3,66 m. Preis pro qm 18,5 Francs. Eindeckung mit Eisenblech.

Die Anlage einer Markthalle mit Eisendach. Auf Taf. 3 ist das gebräuchlichste Constructionssystem für **Markthallen** zur Anschauung gebracht, und zwar ist die Zeichnung nach einem in Paris ausgeführten Gebäude gefertigt; die Einzelheiten gehören ebenfalls Pariser Bauten an, die diesem Zwecke dienen.

Fig. 1 stellt nun den mit Glas bedeckten Giebel der Halle dar; die Treppe führt, wie Fig. 2 erkennen lässt, in die Halle. Den Höhenunterschied in der Lage der Strassen hat man benutzt, um ein Erdgeschoss herzustellen, welches zu Lagerräumen vermiethet ist. Fig. 2 ist ein Längenschnitt der Halle und zeigt die Säulen, die in 6,03 m Abstand durch gusseiserne Bogen verbunden sind. Fig. 3 ist der Querschnitt des Gebäudes. Die Canalisationsanlage ist aus den 3 Figuren 2, 3 und 4 deutlich zu ersehen und ist besonders die Geräumigkeit und das Gefälle der gewölbten Canäle bemerkenswerth, die eine gründliche Abführung des Schmutzes und Regenwassers etc. bezwecken. An den Giebelseiten ist die Halle offen, an den Seitenwänden durch Mauern geschlossen. In 1,75 m Abstand von beiden Seiten ziehen sich die Säulen hin, die man in Fig. 2 bemerkt, auf diese Weise noch eine Anzahl kleinerer Verkaufsstände bildend. Die also an zwei Seiten offene Halle bedeckt einen Flächenraum von 1500 qm. Da 148 Verkaufsstände angeordnet sind, so kommen auf jeden derselben ca. 10 qm incl. der nöthigen Gänge. Die Säulen der einen Giebelwand sind in Fig. 3 nicht gezeichnet, doch sieht man aus dem Grundrisse Fig. 4, dass sie an der erhöhten Strassenseite in 5,6 m bez. 3,8 m Abstand angebracht sind.

Das Dach, welches man ganz aus Eisen construirt hat, ist ein Polonceau-Binder mit Laterne. Die mittlere Spannweite ist 29 m; daher wurde es nöthig, den Bindersparren dreimal zu unterstützen. Dieser letztere ist als ein aus Blech und Winkeleisen zusammengenieteter I-Träger construirt, der in 6,03 m Abstand gelegt ist. Die Dacheindeckung von Glas ist jedoch in den Zeichnungen auf Taf. 3 nicht angegeben. Die übrigen Figuren 5—19 geben nun die Einzelheiten der Knotenpunkte wieder, und zwar sind Fig. 5—12 und Fig. 13—17 verschiedene Constructionen derselben Knotenpunkte des Binders Fig. 3.

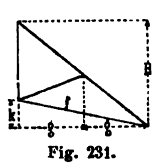
Der Firstknotenpunkt O ist einmal in Fig. 5, 6a und 6b gezeichnet. Um den Binder herum fassen zwei Schienen, die im Firste durch einen Bolzen vereinigt sind; die Verbindung der Schienen mit den runden Zugstangen lassen Fig. 6a und 6b erkennen. In Fig. 13, 13a und 13b ist derselbe Knotenpunkt gezeichnet, doch ist hier jede Zugstange für sich durch einen Bolzen am Binder befestigt und bleibt so Raum für einen zur gegenseitigen Aussteifung dienenden I-Träger zwischen den Stangen.

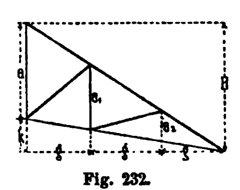
In derselben Weise sind alle Knotenpunkte, in denen sich Zugstangen anschliessen, durchgeführt. Fig. 7 und 8 zeigen, dass beide Stangen mittelst eines Bolzens verbunden sind und um den Träger herumgreifen. Ein Gusseisenstück dient zur Ausfüllung der Hohlräume des I-Eisens (Fig. 8). Fig. 14—14b, dem Firstknotenpunkte entsprechend, lässt erkennen, wie jede Stange für sich befestigt und in der Mitte das I-Eisen angeschraubt ist, welches zur Versteifung dient.

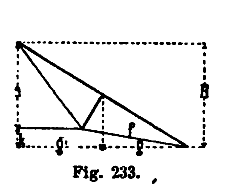
Der Knotenpunkt P ist nur in Fig. 9 gezeichnet und wird wohl auch gewöhnlich so ausgeführt, dass man unter den Träger eine gusseiserne Platte schraubt und an derselben die Druckstrebe befestigt. Auch hier ist bei beiden Anordnungen ein zur Versteifung dienendes I-Eisen angeordnet.

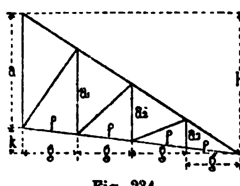
Die Knotenpunkte R, an welchen 3 Zugstangen und eine Druckstrebe zusammentreffen, stellt Fig. 10 und 15 dar. Eine abweichende Construction desselben Punktes R sehen wir in Fig. 18 und 19; dieselbe soll zur besseren Vertheilung der Spannungen dienen. Die Zugstangen sind durch einen mit Gewinde versehenen Cylinder verbunden, über den eine Hülse geschoben ist, an welche die dritte Zugstange und die Druckstrebe befestigt sind. Die Hülse kann sich zwischen zwei Stellringen etwas bewegen. Die Verbindung des Punktes T zeigt Fig. 11—12 und Fig. 16—17; die verticale Stange ist nur angebracht, um die Durchbiegung der horizontalen Zugstange zu verhindern. Ueber die Bedeutung der Buchstaben in Fig. 4 ist noch zu bemerken, dass mit A, in den vier Ecken eingeschrieben, Ventilationskamine bezeichnet sind; die auf der rechten Seite gelegenen sind auch zugleich als Waterclosets benutzt. W ist ein Local für den Wächter, während F und der sechseckige Raum J für Inspectoren bestimmt sind; mit E endlich ist die Räumlichkeit für den Einnehmer bezeichnet, der den Miethzins erhebt.

Für einfache eiserne Dächer von 6—20 m Spannweite sind in der folgenden Zusammenstellung die Hauptabmessungen angegeben. Dabei ist angenommen, dass bei 6,93 m Spannweite der Binder Fig. 231, bei 9,3 bis 12,6 m der Binder Fig. 232 und bei 12,6—20 m der Binder Fig. 233 zur Anwendung gelangt. Die angeführten Stärken entsprechen den Fig. 235 und 236.


Fig. 231.


Fig. 232.


Fig. 233.

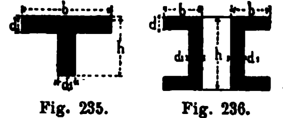

Fig. 234.

Bis zu 15,8 m Spannweite bestehen die Sparren aus T-Eisen. Ueber 16 m sind die Träger aus zwei ⊔-Eisen gebildet, deren Stege unter Zwischenlage einer Holzdecke durch Nietung verbunden sind.

Angenommen wurde ferner eine Dachbinderweite von 2 m und ein Gesammtgewicht der

Eindeckung + Eigengewicht von 150 kg pro qm, was einem sehr schweren Deckmaterial (130 kg pro qm) entspricht. Somit können die in der Tabelle enthaltenen Stärken vermindert werden:

Bei Eindeckung mit Zink und Eisenblech	um	15—25 kg pro m	oder	25 Proc.
Zinkblech auf Holzverschalung . .	„	40 „ „ „	„	15 „
Deckpappe einschl. aller Bestandtheile	„	30 „ „ „	„	15 „
Doppeltes Ziegeldach	„	130 „ „ „	„	0 „
Einfaches „	„	100 „ „ „	„	5 „
Schieferdach	„	75 „ „ „	„	8 „


Fig. 235. Fig. 236.

Angenäherte Ermittelung des Gewichtes eiserner Dachbinder. Soll ein Träger von $l\,m$ Spannweite berechnet werden und ist L diejenige Spannweite, welche bei einer geometrisch ähnlichen Construction, die nur ihr Eigengewicht trägt, im Maximum erreicht werden kann, ferner p die Belastung auf die Längeneinheit (= Binderentfernung × Belastung durch Pfetten, Bedachung, Schnee, Wind), so ist w das Gewicht pro lauf. m: $w = \frac{pl}{L - l}$.

Und zwar ist:

	Inanspruchnahme: kg pro qcm auf Zug	Inanspruchnahme: kg pro qcm auf Druck	Annähernd mögliche Spannweite L in m.
für einen Blechträger Höhe 1/16 der Weite	585	730	152
„ „ Gitterträger „ 1/16 „ „	585	730	163
„ „ „ „ 1/12 „ „	585	730	205
„ „ „ „ 1/10 „ „	585	730	234
Gewicht bogenförmiger Dächer	670—730	1025—1170	305—320
Bogenförmiges Dach nach Fig. 5, Taf. 2 .	410	—	312
do.	440	—	330
do.	515	—	387

Nachstehend folgt eine tabellarische Uebersicht der Maasse der Sparren, der Zug- und Druckstreben, wenn diese eine bestimmte Länge haben.

Tabelle der Dimensionen und der Constructionstheile eiserner Dächer.

Spannweite in m	Dachhöhe H in m	Ueberhöhung k der Zugstange in mm	Entfernung g der Hängestangen in m	Maasse in mm: der Sparren: Breite der Flansche b	Dicke der Flansche d	Höhe des Trägers h	Dicke der Mittelrippe d_1	der Druckstreben: Breite der Flansche b	Dicke der Flansche d	Höhe des Trägers h	Dicke der Mittelrippe d_1	der Zugstreben: Zugstange f	Hängestange a	Hängestange a_1	Hängestange a_2	Hängestange a_3
6,0	1,200	150	1,500	53	7	66	9	33	6	40	6	25	16	12		
6,3	1,260	158	1,575	53	7	66	9	33	6	40	6	25	16	12		
6,6	1,320	165	1,650	54	7	66	9	33	7	44	7	28	16	12		
7,0	1,400	175	1,750	55	7	70	10	36	7	46	7	30	18	14		
7,3	1,460	183	1,825	56	7	72	10	40	7	50	7	32	20	14		
7,6	1,520	190	1,900	58	7	74	10	42	7	52	7	32	22	16		
8,0	1,600	200	2,000	60	8	76	10	44	7	54	7	34	22	16		
8,3	1,660	208	2,075	62	9	78	10	46	7	54	7	36	25	18		
8,6	1,720	215	2,150	64	9	79	10	48	7	54	8	38	25	18		
9,0	1,800	225	2,250	66	9	79	10	50	7	56	8	38	22	18		
9,3	1,860	233	2,325	66	9	79	10	50	7	56	9	40	22	20		
9,6	1,920	240	1,600	67	9	79	10	46	7	58	9	40	22	16	12	
9,8	1,960	245	1,633	67	9	79	10	46	7	50	10	42	22	16	12	
10,0	2,000	250	1,667	68	10	79	11	48	7	52	10	42	22	16	12	
10,3	2,060	258	1,717	68	10	82	11	48	7	54	10	44	24	16	12	
10,6	2,120	265	1,767	68	10	84	11	50	7	58	10	44	24	16	12	
11,0	2,200	275	1,833	70	10	86	11	52	7	60	10	44	24	16	14	
11,3	2,270	283	1,863	70	10	86	13	54	7	64	10	46	25	16	14	
11,7	2,340	293	1,950	72	10	86	13	56	8	68	10	46	25	16	14	
12,0	2,400	300	2,000	72	10	90	13	58	8	68	11	48	26	18	16	
12,3	2,460	308	2,050	74	10	94	13	60	9	70	11	48	26	18	16	
12,6	2,520	315	2,100	74	10	98	13	62	9	74	11	48	26	20	18	

Tabelle der Dimensionen und der Constructionstheile eiserner Dächer.

Spannweite in m	Dachhöhe H in m	Ueberhöhung k der Zugstange in mm	Entfernung g der Hängestangen in m	Maasse in mm — der Sparren				der Druckstreber				der Zugstreben				
				Breite der Flansche b	Dicke der Flansche d	Höhe des Trägers h	Dicke der Mittelrippe d_1	Breite der Flansche b	Dicke der Flansche d	Höhe des Trägers h	Dicke der Mittelrippe d_1	Zugstange f	Hängestange a	Hängestange a_1	Hängestange a_2	Hängestange a_3
13,0	2,600	325	1,625	76	11	100	13	58	7	70	11	50	27	20	18	16
13,3	2,660	332	1,663	76	11	100	13	58	7	72	11	50	27	21	20	16
13,6	2,720	340	1,700	80	11	103	13	60	8	72	11	50	28	22	20	16
14,0	2,800	350	1,750	84	11	105	14	60	8	74	11	50	29	23	20	18
14,3	2,860	358	1,788	84	11	105	14	60	8	74	11	52	30	23	20	18
14,6	2,920	365	1,825	88	11	110	14	62	9	76	11	52	30	24	21	18
15,0	3,000	375	1,875	88	11	115	14	62	9	78	11	54	31	24	21	20
15,3	3,060	383	1,913	92	11	115	16	62	9	78	11	54	32	25	21	20
15,5	3,100	388	1,938	95	11	120	16	62	9	78	12	56	33	25	22	20
15,8	3,160	395	1,975	95	11	120	16	64	10	78	12	56	33	26	22	20
16,0	3,200	400	2,000	30	7	105	10	64	10	82	12	56	33	26	22	20
16,4	3,280	410	2,050	30	7	105	11	66	10	82	12	58	33	27	23	22
16,7	3,340	418	2,088	30	9	105	11	66	10	82	13	58	34	27	23	22
17,0	3,400	425	2,125	33	9	110	13	68	10	86	13	58	34	28	23	22
17,4	3,480	435	2,175	33	9	115	13	70	10	88	13	60	35	28	24	22
17,7	3,540	443	2,213	33	10	120	14	70	10	88	14	60	36	28	24	24
18,0	3,600	450	2,250	33	10	125	14	72	10	92	14	60	36	30	24	24
18,3	3,660	458	2,288	35	10	125	16	72	11	92	14	60	36	30	25	24
18,6	3,720	465	2,325	35	11	125	16	72	11	92	14	62	36	30	25	26
19,0	3,800	475	2,375	35	11	130	16	74	11	95	14	64	38	30	25	26
19,3	3,860	483	2,413	38	11	130	18	74	11	95	15	64	38	32	28	26
19,6	3,920	490	2,450	39	11	135	18	74	12	95	16	66	38	32	28	26
20,0	4,000	500	2,500	40	12	135	18	74	12	95	18	66	40	32	28	26

3. Dacheindeckungen.

Die Anforderungen an ein gutes Dach sind:

1) ein möglichst geringes Gewicht,
2) Wetterbeständigkeit, Wasserdichtigkeit und Dauerhaftigkeit,
3) Feuersicherheit.

Danach kann man von leicht brennbaren und feuerbeständigen Dächern sprechen.

Erstere sind die Holz-, Stroh- und Lehm-Stroh-Dächer, welche nur in untergeordneten Fällen auf dem Lande noch zugelassen werden; Vortheile des Strohdaches sind: Schlechte Wärmeleitung, Dichtigkeit und Billigkeit in der Anlage und in der Unterhaltung.

Die feuerbeständigen Dächer sind entweder ganz feuersicher oder werden durch das Feuer zerstört, ohne zu brennen:

Aus natürlichem Materiale besteht:

1) **Das Schieferdach.** a. das Deutsche Schieferdach erhält $1/3$ — $1/5$ der Spannweite zur Höhe. Schalung von Bretern ist stets erforderlich, und wiegt ein qm Dachfläche 35—38 kg, wozu nöhig sind:

Anzahl der	Unbearb. Schiefer	25 qcm	30 qcm	47 qcm	25 × 30 m	25 × 40 m	30 × 47 m
Schiefer incl. 4 Proc. Verlust	50 kg	40	25	11	50	32	22
Bordnägel „ 4 „ „	25 „	22	18	9	110	70	48
Schiefernägel „ 4 „ „	85 „	80	55	25	—	—	—
Bretnägel „ 4 „ „	18 „	—	—	—	—	—	—

b. Das englische Schieferdach ist einfacher als das deutsche; die rechteckigen Schiefer-Platten werden nur auf Lattung genagelt; der Dachraum wird hierdurch luftiger und die Reparatur leichter. (Auf 6—7 qm Dachfläche ist ein Leiterhaken zu rechnen.)

Die Schiefer sind innen mit Cementmörtel zu verstreichen; bei ganz besonders dichten Dachräumen lege man die Platten in Oelkitt.

Gewicht eines qm = 27—30 kg; man rechnet dazu einschl. Verlust:

60 cm × 31 1/3 cm × 5 mm Grösse	63 cm × 36 cm × 5 mm Grösse
14 St. Platten,	10 St. Platten,
26 „ Nägel,	25 „ Nägel,
4 m Latten (einschl. Verschnitt),	3 3/4 m Latten (einschl. Verschnitt),
25 cm Lattung.	18 cm Lattung.

2) **Plattenbedachung** von Quadern ist nur am Orte eines Steinbruches üblich; sonst sind sie zu theuer, überdies auch schwer zu dichten.

Aus künstlichem Materiale besteht:

3) **Das Ziegeldach**, und zwar wird dasselbe hergestellt aus:

a. Den Flachziegeln oder Biberschwänzen. 35 × 16 cm gross und 1,5—2 cm dick. Gewicht 1,75 kg. Transport 500 St. pro Fuhre.

Die Eindeckung wird fast stets mit Mörtel vorgenommen.

Je nach der Deckung unterscheidet man:

Fig. 237.

Das Spliessdach (Fig. 237). Höhe 1/2—1/4 der Spannweite. Lattung 18 cm, auf 15 m lauf. kommen 100 Stück Ziegel. Die Ziegel liegen im Verband, und um die Fugen zu dichten, liegen in der obersten und untersten Reihe die Ziegeln doppelt. Die übrigen Fugen werden durch Spliesse von Eichenholz (7 cm breit, 4 cm dick), mit feinem Mörtel verstrichen, gedichtet. Zu 1 qm Dachfläche gehören 40 Ziegel + 5 Proc. Bruch.

Fig. 238.

Das Doppeldach (Fig. 238), 14 cm weit gelattet; Höhe 1/4 — 1/3 der Spannweite; 2/3 des Daches ist gedeckt; die Dichtung ist gut, doch das Ausbessern schwierig. Man braucht zu 1 qm Dachfläche 45 Ziegel + 5 Proc. Bruch.

Fig. 238.

Das Kronendach (Fig. 239). Höhe 1/4—1/2 der Spannweite. Lattung 25 cm; auf jeder Kante liegen 2 Reihen Ziegel im Verbande. Bedarf für 1 m lauf. = 14 Stück + 5 Proc. Bruch, für 1 qm = 60 Stück + 5 Proc. Bruch.

b. Die Steinschindeln werden in der Art der englischen Schieferdeckung und besonders für ländliche Bauten verwendet; die Ziegeln sind leicht herzustellen und dichten gut ab. Lattung 1,6 cm. Ziegelgrösse 32 × 12,5 cm. Dicke 1,2 cm.

c. Die Pfannen. Die Eindeckung erfolgt mittelst Mörtels.

	Kleine holländ. Pfanne	Grosse Pfanne
Grösse	24 × 34 × 2 cm	39 × 26 × 1,5 cm
Gewicht	3—3,5 kg	3,5—4 kg
Lattung	25 cm	30—34 cm
Deckung in der Breite	21 cm	24 cm
Gebrauch pro qm	20 Stück + 5 Proc. Bruch	14 Stück + 5 Proc. Bruch

d. Die First- oder Hohlziegel werden nur zum Abdecken der Walme und Firste benutzt; sie haben die Form eines abgestumpften Kegels. Gewicht bei 40 × 17 cm × 2 cm Grösse = 3,5 kg, auf 1 m lauf. kommen bei 10 cm Ueberdeckung 3 1/3 Stück + 5 Proc. Bruch.

Die Kehlen oder Dachrinnen sind stets von Zink oder Kupfer zu machen.

Die Abmessungen der Sparren sind:

Es sind erforderlich:

Länge 6—7 1/2 m	für ein Schieferdach	58 Reihen auf 12 m Sparrenlänge 4 Stück für die Reihe von 25 m, 232 Stück für eine Seite
Breite 6 cm	„ „ Doppeldach	78 „ „ 12 „ „ 4 „ „ „ „ „ 25 „ 312 „ „ „ „
Dicke 3 „	„ „ Kronendach	40 „ „ 12 „ „ 4 „ „ „ „ „ 25 „ 160 „ „ „ „

Bei luftdichter Abdeckung ist für Lüftung zu sorgen, weil sonst die Hölzer leicht stocken und verderben.

Oeffnungen, die im Dache zur Beleuchtung dienen (Fenster u. s. w.), fertigt man aus Blech oder lässt sie als Erker hervortreten; man hat jedoch immer dafür zu sorgen, dass alles vom Dache abströmende Wasser seitwärts und nicht in der Umgebung des Fensters oder der Luke abfliesst.

Aehnliche Vorsichtsmassregeln hat man in der Nähe der Schornsteine zu treffen und die Fugen in der Dachfläche so zu dichten, dass man die Dachsteine in eine mit dem Dache parallele Rinne in den Schornstein greifen lässt und dieselbe hernach gut mit Mörtel verstreicht. In dem spitzen Winkel besonders sind die Fugen mit Zinkstreifen zu dichten. (S. Fig. 249).

Fig. 240.

4. **Das Cementdach** besteht aus Ziegeln von 3 Theilen Cement und 1 Theil Sand (Fig. 240). Am besten hat sich die Schuppenform bewährt. Zu 1 qm bei 17,5 cm Lattung gehören 11 Ziegel. Die wellenförmigen Ziegel sind 46 cm × 31 cm × 1,3 cm, die Lattung 18 cm weit.

Die Vortheile des Cementdaches sind mannigfach: 1) Dichtigkeit ohne Fugenverstrich, 2) kleines Gewicht, 3) leichte und billige Eindeckung (Kosten gleich denen des Pappdaches), 4) Feuersicherheit, 5) wetterbeständig und für jede Dachneigung passend.

5. **Das Papp- und Filz-Dach** ist in den letzten Jahren sehr in Aufnahme gekommen und überwiegen die Vortheile die wenigen Nachtheile um ein Bedeutendes.

Zu Gunsten des Daches ist anzuführen: 1) vollständige Sicherheit gegen Wind, Wetter und Feuer, 2) ein geringes Gewicht, 3) Dauerhaftigkeit und Billigkeit in der Unterhaltung, 4) Zulässigkeit einer geringen Dachneigung.

Nachtheile sind der Mangel einer Ventilation (künstliche Luftschachte) und die immerwährende Unterhaltung in mindestens 4jährigen Zwischenräumen.

Die Abdeckung erfolgt so, dass man entweder über Leisten oder über Falz deckt; der Falz ist fest zu nageln; Nägel, Fugen, Stösse schützt man durch einen Steinkohlenpechüberzug. Nach der Deckung erfolgt ein Theeranstrich mit heissem Sande gemischt. Alle vier Jahre mindestens hat man einen Ueberzug von Steinkohlentheer mit $1\frac{1}{2}$—2 Theilen Kalkpulver auf die Dachfläche zu bringen.

Die Dachneigung ist $\frac{1}{3}$—$\frac{1}{20}$; die Schalung besteht aus 2—2,5 cm starken und 20 cm breiten Dielen. Die Skizzen zeigen Fig. 241 eine Tropfkante, Fig. 242 eine Längsnaht und Fig. 243 den Anschluss an einen Schornstein.

Fig. 241.

Zu 1 qm Dachfläche hat man nöthig: 12 Lattennägel, 115 geschmiedete Rohrnägel, $\frac{1}{14}$ Ctr. Dachpappe, 12 kg Steinkohlenpech und $\frac{1}{150}$ Tonne Steinkohlentheer, 1 l Sand und 2 l Kalk zu Staub gelöscht. Es wiegt 1 qm Dachfläche 20—30 kg einschl. Schalung.

Fig. 242. Fig. 243.

Dachfilz besteht aus Wollabfällen, die mit antiseptischen und wasserdichten Stoffen dauernd getränkt sind. Die Eindeckung erfolgt wie beim Pappdach.

6. **Das Holzcementdach** (Fig. 244) wird auch mit sehr flacher Neigung ($\frac{1}{20}$) hergestellt. Die Schalung *a* muss gespundet sein; auf dieselbe legt man 1 cm Sandlage, welche wieder mit einer Lage starken, geleimten Rollenpapieres bedeckt wird; die Länge des Papieres reicht von einer Traufe zur anderen; die Fugen (8 cm überdeckt) kittet man mit Holzcement, überstreicht dann die ganze Dachfläche mit dünnflüssigem Holzcement und wiederholt das Verfahren, bis man 3—4 Lagen Papier (*c* in Fig. 244) hat. Auf diese deckt man eine 6—8 cm starke Lage, aus Schichten von feinerem Sand und Kies *d* bestehend, die durch Leisten *e* gegen das Verwehen geschützt werden. Für Lüftung ist durch Schachte zu sorgen.

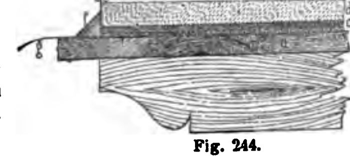


Fig. 244.

Bedingung für die Dauerhaftigkeit ist schnelle und saubere Arbeit.

7. **Das Asphaltdach** wird für Altane viel angewendet. Die Ausführung erfolgt so, dass man auf naheliegende Latten 2 cm stark Mörtel oder Lehm bringt, diesen mit Packleinwand belegt und den Asphalt in einer Lage von 1,5—2 cm aufträgt.

Das Dach hält sich sehr gut, wenn die Sonne und der Frost nicht direct auf den Asphalt einwirken können, falls man für Ventilation der Sparren sorgt und die Arbeit gut ausführen lässt.

8. **Metalldächer.** Man verwendet Kupfer (zu Monumentalbauten), Blei, Zink und Eisen; besondere Rücksicht ist auf die Ausdehnung der Metalle bei Aenderung der Temperatur zu nehmen.

Das Zinkblech wird am häufigsten verwendet und auf Breterschalung gelegt, die jedoch weite Fugen haben muss, weil sonst das Holz nicht austrocknen kann und auch das Metall leicht verdirbt.

Legt man das Blech in Falzen (Fig. 245) (vertical) und mit Löthfugen (horizontal mit 4—5 cm Ueberdeckung), so deckt ein Blech von 84 cm $\times$ 188 cm = 1,58 qm nur 1,34 qm Dachfläche.

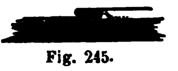


Fig. 245.

Als Wellblech liegt dasselbe nur auf Latten von 42—46 cm Entfernung. Eine Tafel von 1,58 qm verliert durch die Wellenform 30 cm an Breite; an den Löthstellen gegen 5 cm, an den aufrechten Stössen 8 cm, sodass man also mit 1,58 qm Zinkblech nur 1,13 qm Dach in Wellenform bedeckt.

Zink braucht wegen der schützenden Oxydschicht, die sich sehr bald bildet, keinen Oelanstrich.

Eisenblech wird als Schwarzblech und als verzinntes sog. Weissblech verwendet. Die Eindeckungsarten sind wie beim Zinkblech. Eisenblech ist gegen Rost zu schützen. Auch aus einzelnen sehr dünnen Platten von Gusseisen von der Grösse der Ziegel hat man Dacheindeckungen hergestellt und sehr gute Erfolge erzielt.

9. **Glasdächer** sind oft in bedeutenden Flächen herzustellen und ruhen dann stets auf eisernen Sprossen; sie bieten wegen der ungleichen Ausdehnung der Materialien bei Temperaturänderungen grosse Schwierigkeit.

Man legt auf das Eisen eine Schicht Kitt, drückt das Glas hinein und verstreicht die Fuge in der üblichen Weise dick mit Kitt. Die Breite der Glasflächen ist 25—40 cm, die Länge, wie sie gewünscht wird. In verticaler Richtung hält man das Glas durch recht gut abgerundete Blechstreifen und schneidet die Glastafeln an den oberen Kanten oben und unten rund ab, um das Schweisswasser innen an den Sprossen, aussen das Regenwasser in der Mitte ablaufen zu lassen. (Fig. 246.)

Fig. 246.

In Fig. 247 ist gezeigt, wie man eine Glastafel *a* auf Sprosseneisen oder **T**-Eisen zu legen hat; auch das Anbringen einer Schweissrinne *rr* bei Anwendung eines **T**-Eisens ist aus der Skizze ersichtlich.

Fig. 247.

Tabelle über die Gewichte der Dacheindeckungen.

a. Holzdächer.

Dacheindeckung	Neigung des Daches gegen den Horizont in Graden	Gewicht der Eindeckung	Gewicht des Holzes	Kubikinhalt des Holzes
		pro qm Fläche in kg		
Ziegeldach { einfach . . .	45—33	100	62	0,0770
Ziegeldach { doppelt . . .	45—33	130	62	0,0770
Hohlziegel { br. gel. . . .	27—21	75—90	75	0,0937
Hohlziegel { gem.	31—27	136	80	0,1000
Gewicht des Schieferdaches	45—33	38—70	58	0,0725
Kupfer in Platten	21—18	14	45	0,0562
Zink und Eisenblech	21—18	15—25	40	0,0500
Asphalt mit Fliesenunterlage	21—18	25	67	0,0837
Stroh- und Rohrdach . . .	45—33	5	36	0,0450

b. Metalldächer.

Bezeichnung der Dacheindeckung	Mittleres Gewicht pro qm Fläche
Schiefer auf Winkeleisen	57 kg
Flach-Eisenblech auf Winkeleisen	25 „
Eisenwellblech auf Winkeleisen .	22 „
Zinkwellblech auf Winkeleisen . .	24 „
Gusseiserne Platten	74 „
Guss-Zinkplatten auf Holzlatten .	70 „

4. Dachrinnen.

Die **Auffangrinnen** haben 1,2—1,5 cm Gefälle pro lauf. m und sind die infolge dessen durchschnittenen Ziegelschichten ganz besonders gut mit Mörtel zu verstreichen. In Abständen von 12—15 m sind Abfallröhren von Zink, Thon oder Eisen anzubringen, die mittelst Rohrschellen befestigt werden; der Querschnitt derselben ist 112 qcm pro qm Dachfläche (7—15 cm Durchmesser).

Die Rinne im Mauerwerk zu verstecken, ist verwerflich, da dieselbe leicht reparaturbedürftig wird; wohl aber ist es zweckmässig, Vorkehrungen gegen Beschädigungen zu treffen, insbesondere die Rinne am Erdboden mit einem schützenden Steinkegel zu umgeben. Die folgenden Figuren mögen die Construction einfacher Auffangrinnen erläutern.

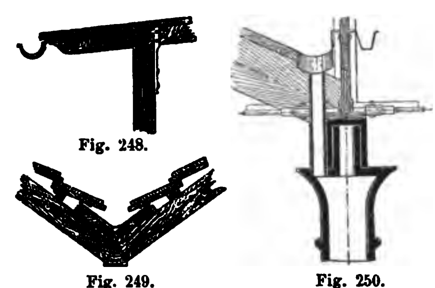


Fig. 248. Fig. 249. Fig. 250.

Fig. 248 stellt die Rinne für ein einfaches Gebäude dar, welches mit Dachpappe gedeckt ist. Dieselbe wird durch Rinneneisen, die an jedem Sparren (oder in 1,5 m Abstand) angebracht sind, gehalten. Auch bei gewöhnlichen Ziegel- und Schieferdächern wird diese Construction angewendet.

Treffen zwei Dachflächen aufeinander (Fig. 249), so hat man in dem dadurch entstehenden Winkel eine Zinkrinne anzulegen, um das Wasser abzuführen, und alle Fugen gut mit Kalk zu verstreichen, wie dies schon früher erwähnt ist.

Auch die folgende Anordnung Fig. 250 ist eine Auffangrinne, die in der Hohlkehle zweier Dachflächen liegt; dieselbe wird jedoch speciell bei Sheddächern angewendet. Das Wasser wird in der Zinkrinne aufgefangen und dann in der hohlen gusseisernen Säule abgeleitet. Diese Anordnung hat das Empfehlenswerthe, dass das Wasser im Abfallrohr nie gefrieren kann, besonders dann nicht, wenn auch durch die Säule noch Heizvorrichtungen gehen. Statt dieser Anordnung findet man bei Sheddächern auch häufig eine grosse gusseiserne Rinne, die dann als U förmiger Träger construirt ist. Diese letzterwähnte Anordnung ist insofern besser, als nicht so leicht eine Beschädigung der Dachrinne beim Besteigen und Repariren des Daches vorkommt. In Fig. 251 ist diese Anordnung skizzirt und lässt auch zugleich erkennen, dass zwei Theile durch Schraubenbolzen verbunden werden. In der erwähnten Anordnung ist an die Rinne auch zugleich ein gusseiserner Schuh für einen Balken der unter 30° geneigten Dachfläche angeschraubt.

Fig. 251.

E. Die Construction der Treppen.

Die Treppen sollen möglichst bequem und sicher construirt werden; sie bestehen aus einzelnen Absätzen, den Stufen, die für jedes Geschoss von gleicher Höhe sein sollten. Man nennt die Breite den Auftritt, die Höhe die Steigung. Das Steigungsverhältniss wird in der Regel so bemessen, dass 2 Steigungen + 1 Auftritt = 62 cm sind.

Der Auftritt beträgt bei Treppen in öffentlichen Gebäuden, herrschaftlichen Wohnhäusern 32 cm,

die **Steigung** 15 cm; in bürgerlichen Wohnhäusern ist der Auftritt 26 cm, die Steigung 18 cm; bei Keller-, Boden- und Neben-Treppen ist der Auftritt 20 cm, die Steigung 21 cm.

Die Breite der Treppen richtet sich nach ihrer Benutzung; Treppen in öffentlichen Gebäuden sollen 2—3 m breit sein, in herrschaftlichen Wohnhäusern 1,5—2 m, in Wohnhäusern und städtischen Miethshäusern 1—1,25 m. Nebentreppen sind bis auf 0,75 m einzuschränken; das äusserste Maass kann in Ausnahmefällen 0,5 m betragen.

Die Lage der Treppe ist so zu wählen, dass sie vom Tageslicht gut beleuchtet ist und keine Raumverschwendung stattfindet. Am vortheilhaftesten ist es, die Treppen alle übereinander in ein massives Treppenhaus zu legen. Da die Bauordnung für jedes Gebäude die Anlage feuersicherer Treppen vorschreibt und hölzerne Treppen als feuersicher angesehen werden, wenn sie von unten auf zwischen massiven Wänden liegen, welche bis zur Decke über den Austritt hochgeführt sind, und wenn ihre Läufe, Podeste sowie die hölzernen Decken über denselben unterhalb geschalt und mit Rohrputz bekleidet sind, so hat man bei der Construction des Treppenhauses hierauf Rücksicht zu nehmen.

Man nennt eine jede Reihenfolge gleich grosser Stufen, 12 bis 15 an der Zahl, einen Treppenarm; die unterste Stufe heisst der Antritt, die oberste der Austritt; man macht den letzteren nur 12—15 cm breit und legt ihn mit dem Fussboden bündig. In der Decke muss die für die Treppe angebrachte Oeffnung so gross sein, dass der Abstand von der vertical unter der Kante liegenden Stufe mindestens 2,2 m beträgt. Vor jedem Arme befindet sich ein Podest, dessen Breite derjenigen der Treppe entsprechen soll.

Die Form der Treppe ist eine sehr mannigfaltige; je nachdem man nur gerade oder auch Viertelsstufen verwendet, spricht man von geraden oder gewundenen Treppen. Zu den ersteren gehören die einarmigen Treppen, welche am leichtesten und festesten zu bauen sind, jedoch viel Platz erfordern und schwer beleuchtet werden können. (Fig. 252.)

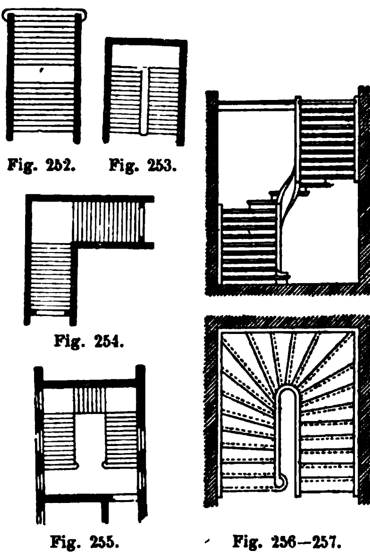


Fig. 252. Fig. 253. Fig. 254. Fig. 255. Fig. 256—257.

Die zweiarmigen Treppen (Fig. 253) erfordern wenig Platz, können dauerhaft eingerichtet werden und lassen sich gut beleuchten, weshalb man sie sehr häufig angewendet findet. Minder gut und vortheilhaft sind die gebrochenen Treppen; Fig. 254 zeigt eine einfach gebrochene Treppe mit rechtwinkelig zueinander liegenden Armen.

Sehr bequem sind die **dreiarmigen Treppen**, zumal die Anordnung Fig. 255. Man hat 2 Podeste; in der Regel wendet man noch einen Vorplatz an, von dem aus die Zimmer dann zu erreichen sind. Die Anlage eignet sich trefflich für Oberlicht.

Halbgewundene Treppen nennt man diejenigen, welche statt der Podeste Viertelsstufen haben, deren Breite in der Mitte gleich der Breite der gewöhnlichen Stufen ist. (Fig. 256—257.) Zu beachten ist, dass man niemals eine Kante in die Ecke einer Wange laufen lassen darf, weil die Verbindung beider Theile mangelhaft sein würde. (S. Fig. 256 rechts.)

Die gewundenen Treppen sind an ihrer äusseren und inneren Begrenzung bogenförmig und besitzen nur in der Mitte normale Verhältnisse zwischen dem Auftritt und der Steigung der Stufe.

1. Die Holz-Treppen.

Das Holz wird trotz der Feuergefährlichkeit noch am meisten zu Treppen benutzt und sind dieselben zierlich und wenig Raum einnehmend.

Constructive Theile der Stiegen:

1. **Die Wangen** sind hochkantig gestellte Bohlen, 5—8 cm dick und liegen mit einer Klaue unten auf der aus dem Vollen gearbeiteten, in den Boden eingelassenen und fundamentirten Blockstufe; oben am Wechsel liegt die Wange stumpf an.

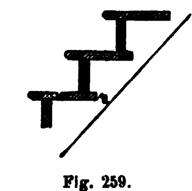


Fig. 258. Fig. 259.

Zum Auftritt einer Stufe (Fig. 258) werden 5—6 cm starke Tannen- oder Eichenbohlen *a* genommen; die Futterbreter, *b*, 2—2,5 cm stark, dienen diesen als Stütze; beide sind in die Wangen eingelassen, jedoch so, dass noch genügend Holz stehen bleibt. Die Vorderkante der Trittstufe ragt um etwa $2\frac{1}{2}$ cm über die Kante des Futterbretes hervor.

Statt der Wangentreppen wendet man häufig die weit zierlicher aussehenden **aufgesattelten Treppen** an. Die Wangenbohle, aus 8—10 cm starkem Eichenholz, ist treppenförmig ausgeschnitten, doch so, dass immer noch 12—18 cm (= *a*, Fig. 259) Holzstärke bleibt; das sämmtliche zum Treppenbau verwendete Material muss möglichst trocken sein, damit kein nachtheiliges Werfen eintreten kann.

Die Podeste ruhen auf Hauptwechseln, die in die Wand eingreifen und durch Querwechsel verbunden sind; zum Schutze gegen Feuersgefahr wird ein Putz auf die Balkenlage gebracht.

Bei gebrochenen Treppen müssen Krümmlinge eingeschaltet werden, die immer aus krummen Bohlenstücken geschweift und durch Zinken mit der geraden Wange verbunden sein sollten.

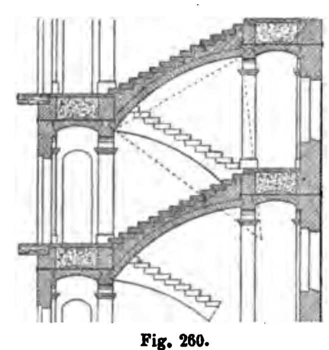
Die Wangen der hölzernen, gewundenen und Wendeltreppen müssen etwas stärker gewählt werden, weil die Holzfaser vielfach durchschnitten wird; daher ist auch häufig eine starke Flacheisenschiene, 1 × 7—8 cm, auf die Wange geschraubt. An der äusseren Seite ist die Treppe, wo es thunlich ist, durch Bankeisen unterstützt.

Die volle Spindel der Wendeltreppen ist 20—30 cm stark, damit die Stufen an den Enden nicht zu schmal ausfallen; eine hohle Spindel hat einen kleinsten Durchmesser von 40—60 cm, doch ist für Wohnhäuser besser 1,5 m anzunehmen.

Die eben besprochenen Arten von Treppen erfordern geschickte Arbeiter, da die Herstellung der einzelnen Theile schwierig ist; in den meisten Fällen thut man besser, eiserne Treppen zu wählen.

Die Geländer sind 80—90 cm hoch und bestehen aus einem 12 cm starken Treppenpfosten, der mit einem Zapfen in die abgerundete Blockstufe greift, der Handlehne und den Traillen, wie man die 3—4 cm starken gedrehten Holzstäbe des Geländers nennt.

2. Steinerne Treppen.


Fig. 260.

Treppen aus Stein sind in allen wichtigen Gebäuden anzuwenden und sollten selbst in Wohnhäusern in Rücksicht auf etwa eintretende Feuersgefahr nicht fehlen, obgleich sie stärkere Seitenmauern bedingen, theurer und weniger zierlich als die Holztreppen sind.

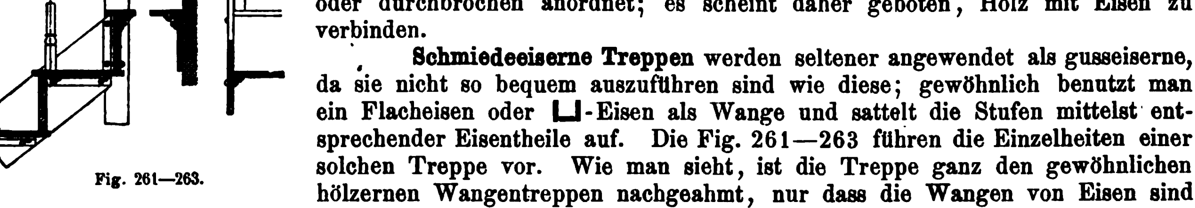
Die einfachste Treppe ist die, wo man die Quadern in die beiden Begrenzungsmauern 10—15 cm tief eingreifen und 3—4 cm mit Falz übereinander greifen lässt. Zur Verringerung des Gewichtes bricht man die hinteren Kanten.

Es ist üblich, die Treppen durch einhüftige Gewölbe von ½ Stein zu schützen; Gurtbogen sind ½ Stein stark, doch ist ein eiserner Träger, der auch zugleich als Verankerung dient, vorzuziehen.

Die Stufen ruhen auf der Hintermauerung und bestehen entweder aus Quadern (Granit oder Sandstein) oder cementirten Ziegelsteinen (s. Fig. 260).

3. Eiserne Treppen.

In der Leichtigkeit der Construction übertreffen die **eisernen Treppen** die steinernen bedeutend, kommen ihnen gleich an Feuersicherheit, haben jedoch den Nachtheil, dass die eisernen Auftritte leicht glatt werden und zum Ausgleiten Gelegenheit geben, trotzdem man sie gerippt oder durchbrochen anordnet; es scheint daher geboten, Holz mit Eisen zu verbinden.


Fig. 261—263.

Schmiedeeiserne Treppen werden seltener angewendet als gusseiserne, da sie nicht so bequem auszuführen sind wie diese; gewöhnlich benutzt man ein Flacheisen oder ⊔-Eisen als Wange und sattelt die Stufen mittelst entsprechender Eisentheile auf. Die Fig. 261—263 führen die Einzelheiten einer solchen Treppe vor. Wie man sieht, ist die Treppe ganz den gewöhnlichen hölzernen Wangentreppen nachgeahmt, nur dass die Wangen von Eisen sind und der hölzerne Auftritt durch Winkeleisen, die an diese geschraubt sind, befestigt ist. Fig. 262 ist die Anordnung des Podestes, während Fig. 263 einen Querschnitt durch die Wange darstellt. Schmiedeeiserne Treppen werden gewöhnlich nur dann angewendet, wenn gusseiserne aus irgend welchem Grunde nicht zu erhalten sind.

Gusseiserne Treppen. In Fig. 264—267 mögen zunächst die zusammengehörigen Abbildungen einer solchen aufgesattelten Treppe folgen. Dieselbe ist im Collegial-Gerichtsgebäude zu Posen ausgeführt. Fig. 264 und 265 zeigen, dass die Treppe einfach gebrochen ist; aus Fig. 266 erkennt man die Bildung des Podestes und die Anordnung der profilirten Wangen. Die Bedeutung des Schnittes *AA* ersieht man aus Fig. 265; Fig. 267 ist der Schnitt *BB*, den man ebenfalls in ersterer Figur und in Fig. 266 bezeichnet findet. Alle übrigen Detailzeichnungen beziehen sich auf die beigeschriebenen Buchstaben. Weitere Einzelheiten gusseiserner Treppen sind in den nachfolgenden Figuren gegeben. Fig. 268 und 269 führen den Anschluss einer Wange an einen schmiedeeisernen Podestbalken vor; erstere wird mittelst vier Bolzen an dem I-Träger festgeschraubt (Fig. 268).

In Fig. 270 wird der Anschluss an den mittleren Podestbalken der beiden Wangen einer rechtwinklig gebrochenen Treppe zur Anschauung gebracht. Mittelst einer Schraube ist das Gusseisen-Stück an den unsymmetrischen I-Träger befestigt.

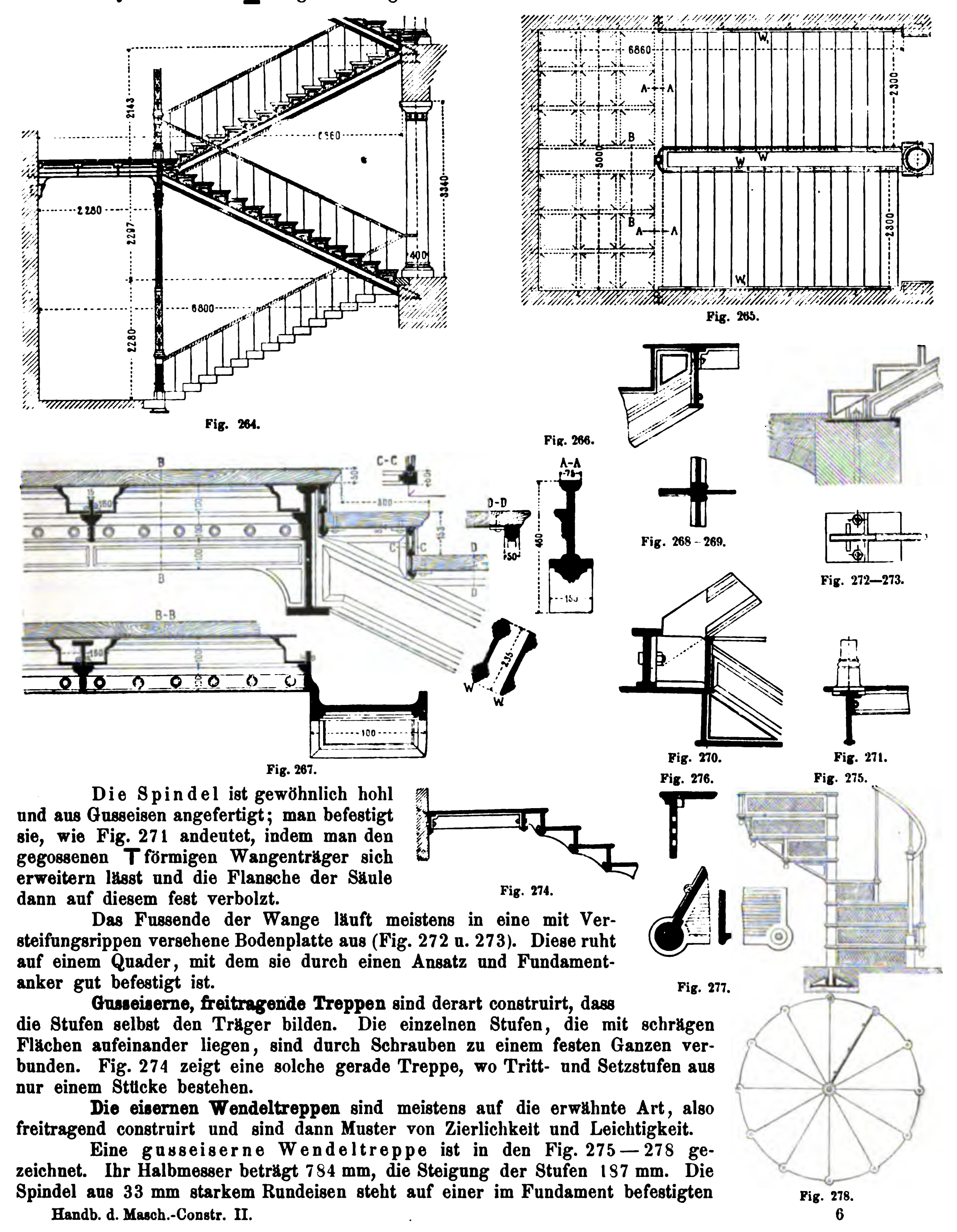


Fig. 264. Fig. 265. Fig. 266. Fig. 267. Fig. 268–269. Fig. 270. Fig. 271. Fig. 272—273. Fig. 274. Fig. 275. Fig. 276. Fig. 277. Fig. 278.

Die Spindel ist gewöhnlich hohl und aus Gusseisen angefertigt; man befestigt sie, wie Fig. 271 andeutet, indem man den gegossenen T förmigen Wangenträger sich erweitern lässt und die Flansche der Säule dann auf diesem fest verbolzt.

Das Fussende der Wange läuft meistens in eine mit Versteifungsrippen versehene Bodenplatte aus (Fig. 272 u. 273). Diese ruht auf einem Quader, mit dem sie durch einen Ansatz und Fundamentanker gut befestigt ist.

Gusseiserne, freitragende Treppen sind derart construirt, dass die Stufen selbst den Träger bilden. Die einzelnen Stufen, die mit schrägen Flächen aufeinander liegen, sind durch Schrauben zu einem festen Ganzen verbunden. Fig. 274 zeigt eine solche gerade Treppe, wo Tritt- und Setzstufen aus nur einem Stücke bestehen.

Die eisernen Wendeltreppen sind meistens auf die erwähnte Art, also freitragend construirt und sind dann Muster von Zierlichkeit und Leichtigkeit.

Eine gusseiserne Wendeltreppe ist in den Fig. 275—278 gezeichnet. Ihr Halbmesser beträgt 784 mm, die Steigung der Stufen 187 mm. Die Spindel aus 33 mm starkem Rundeisen steht auf einer im Fundament befestigten

Grundplatte. Auf diese Spindel werden sämmtliche Trittstufen mit ihren angegossenen Hülsen aufgeschoben und mittelst des oberen Treppenpfostens und eines Keiles fest aufeinander gepresst. Fig. 278 stellt den Grundriss der Treppe dar, während in Fig. 276 die Verbindung der Trittstufe mit der Setzstufe und in Fig. 277 ein Schnitt durch die letztere mit einer Ansicht von oben auf die erstere gezeichnet ist. Je eine Tritt- und die folgende Setzstufe sind aus einem Stück gegossen.

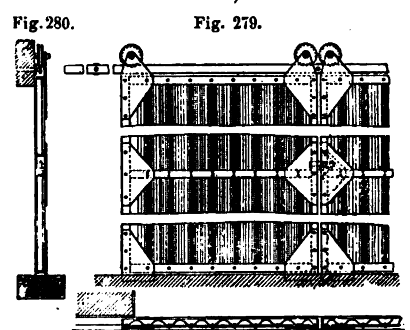
F. Die Thüren und Fenster.

Die Thüren. Als Material verwendet man mit geringen Ausnahmen Holz; Thüren in Brandmauern und besonders für feuersichere Räume sind von Schmiedeeisen zu machen.

Lichte Weite.

Scheunenthore . . .	3—4 m,	Thüren für Gesellschaftszimmer	1,25—1,5 m,
Remisenthore . . .	2,5 „	„ „ Wohnräume . . .	1—1,25 „
Stallthüren	1,25—2 „	„ „ kleine Wohnzimmer	0,9—1 „
Durchfahrtsthore . .	2,2—2,3 „	„ „ Küchen	1—1,25 „
Hausthüren	1,5—2,3 „	„ „ Speisekammern . .	0,8—0,9 „
Thüren für Säle . .	1,5—2 „	Tapetenthüren	0,6—0,9 „

Die Höhe verhält sich zur Breite = 2 : 1 bis $2^1/_4$: 1; übliche Verhältnisse sind (im Lichten) 1,25 m Breite und 2,6 m Höhe, 1,1 m Breite und 2,0—2,3 m Höhe.


Fig. 280. Fig. 279. Fig. 281.

In Ausnahmefällen kommen Schiebethüren vor. Was deren Construction anbetrifft, so ist diese aus den Fig. 279—281 ersichtlich: oft treten die beweglichen Theile in eine hohle Wand, indem man sie mittelst Rollen auf einer Laufschiene in dieselbe hineinschiebt.

Die Fenster. Die Grösse ergiebt sich aus der architektonischen Anordnung der Façade. Der Abstand von der Decke ist 0,3 bis 0,5 m; zwischen den Fenstern muss noch eine genügende Mauerstärke stehen bleiben. Die Breite ist 1—1,3 m, die Höhe 2—2,75 m und die Fensterbank ist vom Fussboden 0,7—0,95 m entfernt, sodass also die Geschosshöhe 3—4,20 m wäre.

Für gewöhnlich steht die Fensterfläche senkrecht; fällt das Licht durch schwach gegen die Horizontale geneigte Oeffnungen oder überhaupt von oben her in einen Raum, so spricht man von Oberlicht.

Die Fenster bestehen aus dem Rahmen und den Flügeln; ersterer tritt in der Mauer ½ Stein zurück und legt sich gegen einen Falz von ¼—½ Stein. Für Fabriken fertigt man die Fenster häufig aus Eisen; in Betreff der allgemeinen Anordnung mag hier nochmals erwähnt werden, dass man stets suchen sollte, das Licht aus der Nordrichtung einfallen zu lassen. Die Flügel werden durch die Sprossen derart in einzelne Felder getheilt, dass die Glasfläche ungefähr 38 × 40 bis 48 × 50 cm gross wird.

Gusseisen wird neuerdings von vielen Fabriken nur zu kleinen Dachfenstern angewendet; meistens wird jetzt das Gerippe aus profilirtem Walzeisen zusammengesetzt. Für Fabriken construirt man zur Lüftung um eine horizontale Achse drehbare Kippfenster, die sich sehr zweckmässig erweisen.

Zum Schutze der Fenster bringt man Läden an, die entweder als leichte Thüren oder als Jalousien mit beweglichen, verstellbaren Stäben herzustellen sind.

G. Die Werthberechnung der Gebäude.

Hinsichtlich der **Werthberechnung**, sowohl für neue als auch für ältere Gebäude sind folgende Angaben zu beachten.

Bezeichnet N den Neuwerth, G den gegenwärtigen Werth, D die ganze, d die noch übrige zukünftige Dauer eines Gebändes, A das Alter und E die Entwerthung desselben, so nimmt man gewöhnlich an:

$$N : G = D : d.$$

Daraus ist abzuleiten:

$$G = N \cdot \frac{d}{D}; \quad d = \frac{G}{N} \cdot D.$$

Richtiger ist es, diese Werthe abzuleiten aus dem Verhältniss:

$$N : E = D^2 : A^2.$$

Hiernach erhält man: $G = N\left(1 - \frac{A^2}{D^2}\right)$; $E = N \cdot \frac{A^2}{D^2}$; $d = D\left(1 - \sqrt{\frac{E}{N}}\right)$.

Nachstehend folgt eine auf Massivbauten aus Bruch- sowie Ziegelsteinen bezügliche

Tabelle mittlerer Erfahrungssätze.

Art des Gebäudes	Stockwerke	Neuwerth in Mark pro qm Grundfläche	Ganze Dauer Jahre	Amortisationsbetrag in % des Neuwerthes	Unterh.-Kosten in % des Neuwerthes
Wohnhäuser besserer Einrichtung und Ausführung mit gewölbtem Unterbau und Dachausbau	1 2 3 4	66— 76 91—106 114—137 142—168	200	1/2	1/2
Wohnhäuser mittlerer Beschaffenheit mit Balkenkeller und Dachausbau	1 2 3 4	56— 66 76— 91 97—117 117—142	160	1	2/3
Wohnhäuser geringerer Art, zum Theil mit Balkenkeller, ohne Dachausbau	1 2 3 4	46— 56 61— 77 76— 98 92—116	100	5/8	3/4
Brennerei- und Brauerei-Gebäude, zum Theil gewölbt	1 2	38— 46 54— 61	80	1 1/4	3/4
Werkstätten und gewöhnliche Fabrik-Gebäude	1 2 3	31— 38 46— 54 61— 69	100	1	3/4
Magazine oder Speichergebäude	2 3 4	38— 46 54— 61 69— 76	170	3/5	1/2
Scheunen und Schuppen		15— 20	170	3/5	1/2
Hof- und Strassenpflaster pro Quadr.-Dekameter		170—213	60	1 3/5	1/3

Die in Procenten des Neuwerthes angegebenen Unterhaltungskosten sind Durchschnittswerthe. Von ihrer, für die ganze Dauer des Gebäudes berechneten Gesammtsumme kommen bis zu ein Viertel der ganzen Dauer 1/6, bis zur Hälfte derselben 2/6, bis zu drei Viertel derselben 3/6 und für das letzte Viertel derselben die ganze Summe zur Verwendung.

LITERATUR.

Verzeichniss der benutzten Quellen.

Brandt, Lehrbuch der Eisenconstructionen. Berlin, Ernst & Korn.
Breymann, Allgemeine Bauconstructionslehre. Stuttgart, Weise.
Deutsches Bauhandbuch, Berlin. } Kommissionsverlag von C. Beelitz.
Deutscher Baukalender, Berlin. } Kommissionsverlag von C. Beelitz.
Huck, Bauconstructionslehre. Leipzig, Baumgärtner.
Hütte, Taschenbuch des Ingenieurs. Berlin, Ernst & Korn.
Intze, Rationelle Verwendung des Eisens zu einfachen Bauconstructionen. Berlin, C. Beelitz.
Klasen, Hochbauconstructionen in Eisen. Leipzig, Engelmann.
Pollitzer, Der practische Ingenieur und Baumeister. Brünn, Burschack & Irrgang.
Redaction des Pract. Masch.-Constr., Sheddachbauten. Leipzig, Baumgärtner.
Schwatlo, Handbuch zur Beurtheilung und Anfertigung von Bauanschlägen. Leipzig, G. Knapp.
Wanderley, Bauconstructionslehre. Leipzig, G. Knapp.

II. Feuerungs-Anlagen.

A. Das Brennmaterial.

1. Chemische Zusammensetzung und Eigenschaften des Brennmaterials.

Die Feuerungsanlagen haben den Zweck, **Wärme** zu erzeugen, die entweder für gewerbliche und öconomische Anlagen benutzt wird, oder beim Wechsel der Jahreszeiten zum Ausgleichen der Temperaturschwankungen dient. Man erzeugt die Wärme durch **die Brennmaterialien**; als solche sind zu nennen: **Holz, Torf, Stein-, Braun- und Holzkohlen, Coaks, Erdöl und brennbare Gase.**

Der Heizwerth der Brennmaterialien richtet sich nach deren Gehalt an Kohlen- und Wasserstoff, alle anderen festen, nicht in Gasform übergehenden Bestandtheile bilden später die Asche. Die Brennbarkeit ist abhängig von der Beschaffenheit und Zusammensetzung des Brennstoffes; poröse Brennmaterialien, die viel Wasserstoff enthalten, sind am leichtesten brennbar.

Die entwickelte Wärme kann man messen: 1. in Bezug auf die Menge oder die Zahl der Calorien, dann erhält man die Brennkraft oder den calorimetrischen (absoluten) Effect; 2. in Bezug auf die Intensität, welche die Heizkraft oder den pyrometrischen Effect darstellt; als Maass gilt die Temperatur, welche bei der vollständigen Verbrennung herrscht. Abhängig ist dieselbe von der entstandenen Wärmemenge, von dem Raume, in dem sie zur Wirkung kommt und dessen Umgebung, von der Menge der zugeführten Luft, der Zeit und von dem Verluste an Wärme, die durch Latentwerden gebunden wird.

Von der Wärmemenge, die durch Verbrennen eines Körpers entwickelt wird, kommt nur ein Theil zur Geltung und ist wissenschaftlich zu ermitteln; der übrige Theil wird von der Umgebung als latente Wärme aufgenommen (specifischer Wärmeeffect). Die Anzahl der Calorien ist abhängig von der Menge und chemischen Zusammensetzung des Brennstoffes, von der Art der Verbrennungsproducte und ist dann am grössten, wenn die Verbrennung vollständig ist.

Für die gleiche Menge Brennmaterial von derselben chemischen Zusammensetzung und bei denselben Verbrennungsproducten ist die Wärmemenge stets die gleiche. Mit Anwendung des Mayer'schen Satzes ist also allgemein zu sagen (nach Ferrini): „Der absolute Wärmeeffect eines Brennmaterials ist die algebraische Summe der Wärmemenge, die durch Verbrennung des in 1 kg desselben enthaltenen Kohlenstoffs und Wasserstoffs entwickelt wird, und der Wärmemengen, die durch Zersetzungen und die moleculare Arbeit der Verflüchtigung consumirt werden, wenn das Brennmaterial fest oder flüssig ist."

1. Tabelle. Chemische Zusammensetzung, Heizkraft pro Kilogramm

	Holz		Holzkohle	Guter Torf		Mittlerer Torf	Braunkohle		
	gedarrt[1]	lufttrocken	lufttrocken	gedarrt	Presstorf	lufttrocken	Pechkohle	gemeine Braunkohle etc.	holzartige Braunkohle
Chemische Zusammensetzung: Kohlenstoff C	49,5	39,6	80,1	56,0	50,1	41,3	58,4 (73)[3]	49,0 (70)	45,5 (65)
Wasserstoff H	6,0	4,8	1,8	5,5	5,1	4,2	4,4 (5,5)	3,5 (5)	3,5 (5)
Sauerst. O (incl. Stickst. N)	43,5	34,8	3,1	33,5	29,8	24,5	17,2 (21,5)	17,5 (25)	21,0 (30)
hygroscopisches Wasser	0,0	20,0	12,0	0,0	10,0	20,0	15,0	20,0	20,0
Asche	1,0	0,8	3,0	5,0	5,0	10,0	5,0	10,0	10,0
Heizkraft (in Calorien)	3800	2900	6900	5000	4400	3500	6000	4300	4100
Dampfwärme (in Calorien)	320	370	170	290	330	340	320	300	300
Verdampfungskraft (in kg)	4,5	3,5	8,0	6,0	5,0	4,0	5,0	4,0	3,5
Gewicht von 1 cbm	—	250—450	200—250	—	500—600[2]	240—415	600—750	500—650	

1 Braungedarrtes Holz kann man ansehen als bestehend aus 55 Proc. C und 45 Proc. chem. gebundnem Wasser.
2 Gültig für locker eingefülltes Material. Dicht geschichtet kann das Gewicht 1000—1200 kg betragen.
3 Die eingeklammerten Zahlen geben die zu Grunde gelegte Zusammensetzung der aschen- und wasserfreien Substanz an.

Da nun der pyrometrische Effect des Wasserstoffs kleiner und derjenige des Kohlenstoffs grösser ist als der eines jeden anderen Körpers, so lässt sich aus dem Gehalt an diesen beiden Stoffen auf die Brennkraft und Heizkraft schliessen. Beide zusammen bestimmen den Gebrauchswerth des Brennmaterials. Was den letzteren anbetrifft, so ist derselbe nur relativ aufzufassen und von den verschiedenen Zwecken der Verwendung abhängig, und ist bald diese, bald jene chemische Zusammensetzung die vortheilhaftere. Wir geben daher nachstehend eine Zusammenstellung der Brennstoffe, die über verschiedene, wichtige Gesichtspunkte Aufschluss giebt. Dieselbe ist von Prof. Ehrhardt in Freiberg mit Zugrundelegung folgender Werthe berechnet:

1 cbm Luft wiegt: 1,293 kg. Die spec. Wärme ist genommen für:

Luft = 0,2375	Kohlensäure = 0,21627
Stickstoff = 0,2348	Wasserdampf = 0,4805

Hieraus folgt:

	für 1 kg Kohlenstoff	für 1 kg Wasserstoff
Volumen der theoretisch erforderlichen Verbrennungsluft:	8,895 cbm;	26,685 cbm
Gewicht „ „ „ „ :	11,895 kg;	34,504 kg
Volumen der Verbrennungsproducte:	8,895 cbm;	32,279 cbm
Wasserwerth der Verbrennungsproducte:	2,9467 kg;	10,7862 kg.

Die in der untenstehenden Tabelle 1 unter Kohlenstoff C, Wasserstoff H und Sauerstoff O enthaltenen Werthe geben die Zusammensetzung von 100 Theilen des Brennmaterials an. Wenn man den Procentsatz für 1 Theil Brennmaterial ins Auge fasst, so sind die Werthe der Tabelle 1 durch 100 zu dividiren. Legt man diese Annahme zu Grunde, so ist nach Redtenbacher:

1. Die Menge der Wärmeeinheiten: $W = 34500\left(H - \frac{O}{8}\right) + 7050\ C.$

2. Die Luftmenge, welche zur Verbrennung von 1 kg Brennmaterial erforderlich ist:

$$L = 12{,}2\ C + 38{,}1\left(H - \frac{O}{8}\right) \text{kg}.$$

3. Die Temperatur: $T^0 = t + \frac{W}{0{,}237\ (L+1)}$, wenn W die Menge der Wärmeeinheiten, L die Luftmenge und t die Temperatur der Atmosphäre bedeutet.

2. Die Verbrennung.

Unter **Brennbarkeit** versteht man die grössere oder geringere Leichtigkeit, mit der sich die Körper entzünden lassen, und hängt hiervon die Zeit ab, welche erforderlich ist, um aus einem bestimmten Gewichtstheile Brennmaterial eine gewisse Wärmemenge zu entwickeln.

und Gewicht des Cubikmeters der Brennmaterialien.

Langflammige Steinkohle			Kurzflammige Steinkohle		Anthracit	Coaks		Brennbare Gase			
Sand-kohle	Sinter-kohle	Back-kohle	Back-kohle	Sinter-kohle		aschen-arm	aschen-reich	Wasser-stoff H	Kohlen-oxyd CO	Kohlen-Wasserstoffgase leichtes CH_4	Kohlen-Wasserstoffgase schweres C_2H_4
69,3 (77)	72,9 (81)	75,6 (84)	80,1 (89)	82,0 (91)	85,5 (95)	86,0	71,5		42,86	75	85,71
4,5 (5)	4,5 (5)	5,0 (5,5)	4,5 (5)	4,0 (4,5)	2,7 (3)	0,8	0,7	100		25	14,28
16,2 (18)	12,6 (14)	9,4 (10,5)	5,4 (6)	4,0 (4,5)	1,8 (2)	3,2	2,8		57,14		
5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0				
5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	20,0				
7100	7400	7600	7900	8200	7900	7000	5800	29000	2470[1]	11700	11100
270	270	300	270	240	170	70	70	5400		1350	750
6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	8,0	8,0	6,0				
700	750	800	800	850	900	400—600		0,0896	1,2515	0,7124	1,2514

1 Die Versuche von Favre & Silbermann: Annales de chemie et physique (3) XXXIV, XXXVI geben diese Zahlen etwas anders an. Es entwickelt bei der Verbrennung: 1 kg C zu $CO = 2473$ Calorien, 1 kg C zu $CO_2 = 8080$ Calorien, 1 kg CO zu $CO_2 = 2403$ Calorien, 1 kg H zu $H_2O = 34462$ Calorien.

2. Tabelle über die zur vollständigen Verbrennung gerade hinreichende Luftmenge und die entsprechenden Verbrennungsproducte pro 1 Kilogramm Brennstoff.

	Verbrennungsluft			Verbrennungsproducte			
	Volumen	Gewicht	Wasserwerth	Volumen	Gewicht	Spec. Gewicht	Wasserwerth
Gedarrtes Holz . . .	4,55 cbm	5,89 kg	1,399 kg	5,19 cbm	6,88 kg	1,026	1,754
Lufttrocknes Holz . .	3,64	4,71	1,119	4,40	5,70	1,002	1,500
Lufttrockne Holzkohle .	7,50	9,70	2,304	7,77	10,67	1,062	2,587
Gedarrter Torf . . .	5,33	6,89	1,636	5,87	7,84	1,033	1,973
Presstorf	4,82	6,24	1,481	5,44	7,19	1,021	1,834
Mittlerer Torf, lufttrocken	3,98	5,14	1,221	4,63	6,04	1,009	1,568
Pechbraunkohle . . .	5,80	7,49	1,780	6,35	8,44	1,029	2,129
Gemeine Braunkohle .	4,71	6,09	1,446	5,28	6,99	1,024	1,776
Holzartige Braunkohle .	4,28	5,53	1,314	4,87	6,43	1,021	1,645
Steinkohlen Langfl. Sandkohle .	6,82	8,82	2,096	7,25	9,77	1,042	2.421
„ Sinterkohle .	7,27	9,39	2,231	7,67	10,34	1,043	2,556
„ Backkohle .	7,75	10,01	2,378	8,15	10,96	1,040	2,716
Kurzfl. Backkohle .	8,15	10,53	2,501	8,50	11,48	1,045	2,826
„ Sinterkohle .	8,23	10,64	2,527	8,54	11,59	1,049	2,839
Anthracit	8,27	10,69	2,538	8,49	14,64	1,060	2,820
Aschenarmer Coaks . .	7,76	10,03	2,382	7,89	10,98	1,077	2,619
Aschenreicher Coaks . .	6,45	8,34	1,982	6,57	9,14	1,076	2,184
Wasserstoffgas	26,69	34,50	8,195	32,28	35,50	0,851	10,786
Kohlenoxydgas	1,91	2,47	0,585	2,31	3,47	1,163	0,801
Grubengas	13,34	17,25	4,097	14,74	18,25	0,958	4,907
Aethylen	11,44	14,88	3,512	12,24	15,79	0,998	4,067

Die Verbrennung ist ein chemischer Process, der darin besteht, dass sich die Stoffe, aus denen das Brennmaterial zusammengesetzt ist, oxydiren. Bei dem Vorgang selbst kann man zwei Perioden unterscheiden, in der ersten werden die Brennstoffe vergast und in der zweiten findet eine Oxydation dieser Gase statt. Den hierzu erforderlichen Sauerstoff liefert die atmosphärische Luft, die bekanntlich in 100 Gewichtstheilen 23 Gewichtstheile Sauerstoff und 77 Gewichtstheile Stickstoff enthält, dem Volumen nach aus 21 Theilen Sauerstoff und 79 Theilen Stickstoff besteht. Die directe Verbindung des Sauerstoffs mit dem Kohlenstoff zur höchsten Oxydationsstufe zu Kohlensäure findet aber nur in sehr geringem Maasse statt, denn eine solche kann nur an der Oberfläche der einzelnen Stücke des Brennmaterials eintreten; daher werden sich im Innern der letzteren durch trockene Destillation Gase bilden, deren Austritt die Stücke zerbröckelt. Auf diese Weise gelangt die Luft auch in das Innere des Materials und bewirkt dort weitere Gasentwicklung.

Zunächst wird der Wasserstoff frei, der sich mit Kohlenstoff zu den leicht brennbaren leichten und schweren Kohlenwasserstoffgasen verbindet, welche im weiteren Verlauf des Oxydationsprocesses Kohlensäure und Wasser liefern. In dem Falle, dass Wasserdampf entsteht, wird derselbe entweder unzersetzt entweichen, oder über glühenden Kohlenstoff streichend, ein Kohlenwasserstoff- und Kohlenoxydgas bilden. In gleicher Weise wird eine Reduction eines Theiles der aus directer Berührung der atmosphärischen Luft mit dem Brennmaterial erzeugten Kohlensäure stattfinden, so dass schliesslich fast alle brennbaren Stoffe des Brennmaterials in Gasform übergeführt sind, deren endgültige Verbrennung in diesem Zustande sehr leicht und unter Entwicklung von viel Wärme auf geringem Raume vor sich geht.

Man hat demgemäss 3 verschiedene Schichten im Brennmaterial, denen allen Luft zugeführt werden muss; in der ersten Lage findet trockene Destillation statt, in der zweiten eine theilweise Reduction, in der dritten endlich die Verbrennung der Producte der beiden ersten Perioden. Da nun die Dicke der Schichten sowohl wie die Menge der zugeführten Luft einen ganz bestimmten Werth haben, so ergiebt sich hieraus, dass für die verschiedenen Brennstoffe auch verschiedene Anordnungen des Verbrennungsraumes getroffen werden müssen.

Zur Einleitung dieser soeben beschriebenen Vorgänge dient die Entzündung, deren Temperatur von der Brennbarkeit des Materials abhängig ist. Zum Fortbrennen muss also mindestens diese Temperatur erhalten bleiben. Da nun auch späterhin durch hohe Temperatur im Verbrennungsraume die Gasentwicklung gefördert wird, so ergiebt sich hieraus die Nothwendigkeit, den Feuerherd soweit thunlich mit schlechten Wärmeleitern zu umgeben.

Um nun eine möglichst vollkommene Verbrennung zu erzielen ist nöthig:

1. dem entwickelten Gase die zur Verbrennung erforderliche Luft in genügender Menge zuzuführen,
2. diese Luft mit den Gasen möglichst innig zu mischen,
3. diesem Gasgemisch eine möglichst hohe Temperatur zu geben.

Der letzten Bedingung wird entsprochen durch Verwendung schlechter Wärmeleiter zu dem Verbrennungsraum, der in diesem Falle Wärme aufspeichern und eine hohe Temperatur (Glühhitze) annehmen kann, sodass er selbstständig die Gase zu entzünden vermag. Den ersteren Anforderungen wird man genügen, wenn man dem Brennstoffe sofort bei der Einleitung der Verbrennung Luft zuführt; daher ist die Unterlage des Brennmaterials, **der Rost** mit Zwischenräumen einzurichten, durch welche die Luft ungehindert und gleichmässig hindurch treten kann; man soll also die Rostspalten in Summa möglichst gross machen und möglichst gleichmässig vertheilen und endlich die Luft durch die Brennstoffschicht überall in derselben Richtung hindurchführen.

Die durch diese Vorgänge erzielten Verbrennungsproducte sind unter Wärmeabgabe in den **Feuerzügen** durch den **Schornstein** abzuführen und werden **Rauch** genannt. Sie bestehen aus Kohlensäure, Stickstoff, Wasserdampf und Luft. An und für sich ist der Rauch unsichtbar, bemerklich wird er erst durch mitgerissene, unverbrannte Theilchen des Brennmaterials; daher ist ein rauchender Schornstein das Zeichen einer unvollkommenen Verbrennung. Jedes **Rauchen** ist deshalb ein Verlust an Brennmaterial, und durch eine Anlage, die den Rauch verzehrt, resultirt nicht nur directer Gewinn, aus dem erhöhten Güteverhältnisse der Feuerung herrührend, sondern man beugt auch berechtigten Klagen der Nachbarn vor. Die Mittel, das Rauchen zu verhindern, können nur darin bestehen, dass man den oben angeführten Bedingungen der vollkommenen Verbrennung practisch möglichst nahe kommt.

Ein rauchender Schornstein kann nun zunächst von einer mangelhaften Anlage herrühren; in diesem Falle ist nur durch einen rationellen Umbau Abhülfe zu schaffen. Bei sonst guten Anlagen entweicht dann ein dicker, schwarzer Rauch aus dem Kamine, wenn der Luftzuführung nicht genügt wird; es liegt der Rost entweder voller Schlacken oder die Brennstoffschicht ist so dick, dass einerseits die zur Verbrennung erforderliche Luft nicht in den Verbrennungsraum eintreten kann, andererseits den glühenden Kohlen so viel Wärme entzogen wird, dass von den sich in dieser Periode massenhaft bildenden Kohlenwasserstoffgasen nur der leicht brennbare Wasserstoff verbrennt, Wasser bildet und mit Kohlenstoff und Kohlenoxyd entweicht.

Derselbe Fall tritt ein, wenn die Rostfläche freiliegt und zuviel kalte Luft zugeführt wird; hierdurch wird aber die Temperatur herabgedrückt und letztere genügt nicht mehr, die Gase zu entzünden, die unverbrannt entweichen. Es darf sich also auf dem Roste keine Stelle befinden, die nicht mit Brennmaterial bedeckt ist und dann muss die zugeführte Luft erwärmt sein, wenn sie nicht die Temperatur des Feuers herabdrücken und unnöthiger Weise die aus dem Schornstein abzuführenden Verbrennungsproducte vermehren soll.

Beim Verbrennungsprocess ist der **Gehalt des Brennmateriales an Wasser** von Einfluss, derselbe kann entweder chemisch gebunden vorkommen oder künstlich zugesetzt sein. Im letzteren Falle ist dies Verfahren nur dann rationell, wenn a) das Brennmaterial staubförmig und von nicht backender Beschaffenheit ist; das Wasser verhindert, dass einestheils nicht so viele Brennstofftheilchen in die Asche fallen, anderntheils dieselben lockerer auf dem Roste liegen und einen stärkeren Zug gestatten, wodurch der Nutzeffect der Feuerung wächst; b) dem Brennmateriale, welches arm an Wasserstoff ist, muss nothwendiger Weise der letztere zugeführt werden, welcher die Brennstoffstücke auseinandersprengt und so zum Zweck der Verbrennung zerkleinert. Das Wasser ist also wirksam, indem es durch glühende Kohlen streichend sich in Sauerstoff und Wasserstoff zersetzt; keineswegs lässt sich jedoch durch Wasserzusatz der absolute Heizwerth erhöhen.

B. Die Anlage der Feuerungen.

Bei jeder Feuerungsanlage kann man folgende drei Hauptheile unterscheiden:

1. Den **Feuerraum**, den Raum, in welchen der Brennstoff aufgegeben wird: **Feuerherd**, Verbrennungsraum.
2. **Den Heizraum** oder die Canäle, welche die heissen Verbrennungsproducte an den zu erwärmenden Körpern vorüberführen: **Züge**, Rauchcanäle.
3. **Den Schornstein**, welchem die Aufgabe zufällt, die abgekühlten Verbrennungsproducte abzuführen und zugleich den zur Verbrennung erforderlichen Luftzug zu bewirken.

Als constructive Einzelheiten dieser Hauptheile kann man nennen:

4. **Den Canal** zur **Zuführung** der **Luft** in den Feuerraum.
5. **Den Rost.**
6. **Den Aschenfall.**
7. **Den Fuchs** mit dem **Zugregulator.**

1. Feuerungen für feste Brennmaterialien.

1. Der Feuerherd und dessen Theile.

a. **Der Verbrennungsraum.** Construction und Dimensionen des Verbrennungsraumes hängen von der Beschaffenheit und der Menge des Brennmaterials ab, welche auf einmal verbrannt wird. Die Verbrennungsräume für **festes Brennmaterial** haben in der Regel prismatische, cylindrische oder halbcylindrische Form und werden durch den **Rost** in einen oberen Theil, den Herd, oder den eigentlichen Feuerraum und in den Aschenfall geschieden.

Die Form und Anordnung des Verbrennungsraumes richtet sich sowohl nach der Construction und Lage des Rostes, als nach der Beschaffenheit des Brennmaterials. So unterscheidet man zwischen Innen-, Unter- und Vorfeuerung.

Einer **Innenfeuerung** würde die bei Locomotiven und Locomobilen gebräuchliche Anordnung Fig. 282 entsprechen; der Rost wird durch die Thür F beschickt. Nach A entweichen die Gase. während durch L Luftzutritt stattfindet.

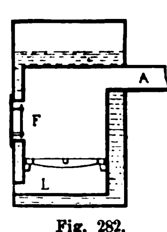
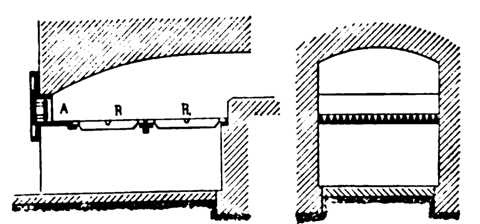


Fig. 282.

Eine ausgedehnte Anwendung findet die Innenfeuerung bei den Dampfkesseln mit Flammrohren (Cornwallkessel, Lancashirekessel); das zweckmässigste System der Innenfeuerung ist aber ohne Zweifel das Tenbrink'sche.

Unterfeuerung nennt man die Anordnung, bei welcher der Rost direct unter die Pfanne oder den Kessel gelegt ist. Da die Feuerbrücke gewöhnlich 30 cm hoch ist, so mache man bei Steinkohlen die Entfernung zwischen Rost und Kesselunterkante 60 cm im Mittel, für die anderen Brennmaterialien ebenso gross, für Holz dagegen etwa 70—75 cm.

Durch **Vorfeuerung** erzielt man immer die beste Verbrennung, Fig. 283—285 zeigen eine solche für sandige Steinkohlen oder Braunkohlen. Mit A ist das Geschränk bezeichnet, R und R_1 sind die beiden Roststabanordnungen, die durch den Rostbalken gestützt werden; hinter dem Rost liegt die Feuerbrücke, die vertical zur Längsrichtung und um etwa 30 cm höher als der Rost angeordnet ist.



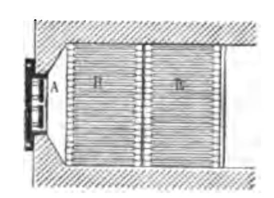
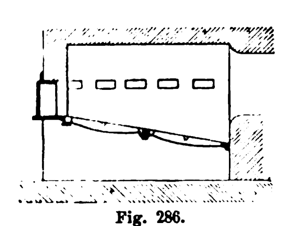


Fig. 283—285.

Bei Brennmaterial, welches sehr compact aufeinander liegt, kann es von Vortheil sein, Luft in den Verbrennungsraum zu führen, wie dies Fig. 286 andeutet. Die Roststäbe liegen in dieser Anordnung schräg nach unten, um die zum Beschicken bequemste Höhe der Feuerthüre von 60—80 cm zu erreichen.

Einen Verbrennungsraum mit Döppelrostanordnung stellt Fig. 287 dar; dieselbe ist, mit dem geeigneten Rost ausgestattet, sowohl für Steinkohlen- als für Braunkohlenfeuerung brauchbar. Durch die Wand A sind beide Theile des Feuerraumes vollständig geschieden und erst am Ende des Rostes treffen sie wieder zusammen; der Zweck dieser Einrichtung ist, unverbrannte Gase, die während der Beschickung der einen Rosthälfte entstehen, zu verzehren. Um die Ablenkung, Mischung und Entzündung der Gasströme zu bewirken, sind die Vorsprünge B und das Chamotteprisma C angeordnet, deren hohe Temperatur auch befördernd auf die Rauchverzehrung einwirkt.

Eine vortreffliche Einrichtung neuerer Construction veranschaulicht Fig. 288. Auf dem Planroste R werden die Brennstoffe aufgegeben, die Gase, welche sich hier entwickeln, treten durch das Feuergewölbe G, in dem sich Schlitze befinden, von denen die vorderen weiter sind als die hinteren, in die Mischungs- und Verbrennungskammer K, wo eine nahezu vollkommene Verbrennung stattfindet. Es ist nothwendig, den Schlitzen in dem Feuergewölbe nach vorne zu grössere Querschnitte zu geben, weil die Gase den kürzesten Weg einzuschlagen suchen und zumeist durch die hinteren Schlitze nach oben strömen würden, wenn ihnen nicht durch die Verengung derselben ein Hinderniss in den Weg gelegt wäre. Ein Versetzen der Schlitze gegeneinander hat ein besseres Mischen der Gasstrahlen zur Folge, wodurch die vollständige Verbrennung der Gase befördert wird; der Gesammtquerschnitt ist gleich dem des ersten Heizcanales. Das Gewölbe der Mischungskammer ist mit Asche oder anderen schlechten Wärmeleitern bedeckt.


Fig. 286.

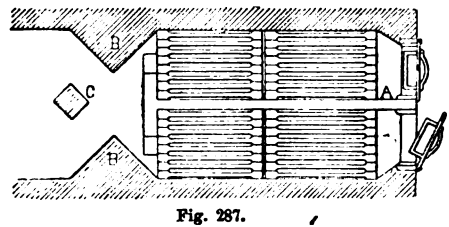


Fig. 287.

Eine recht häufig benutzte Anordnung stellt Fig. 290 dar; die Rostanlage ist doppelt und besteht aus einem höheren gelegenen, vorderen Theile *A* und dem tieferen, hinteren Theile *B*. Durch die Feuerthüre *F* wird der Rost *A* beschickt; wenn das Brennmaterial in heftigem Glühen ist, schiebt man dasselbe auf den Rost *B*; das Gewölbe *E* drückt dann die Gase so tief hinab, dass sie sich an den glühenden Kohlen auf dem Roste *B* entzünden und verbrannt werden. Durch die Klappe *D* wird Luft zugeführt und der Schieber *C* dient zur Entfernung der Schlacken und Asche.

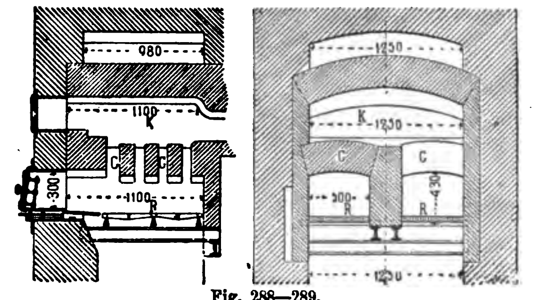


Fig. 288—289.

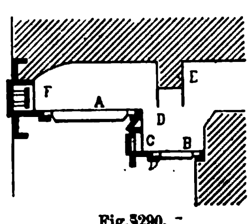


Fig. 290.

Eine Vorfeuerung für Braun- oder Steinkohlen bei der das Feuer sofort entfernt werden kann, stellen in mehreren Schnitten die Fig. 291—294 dar. Die Roststäbe ruhen mit ihrem einen Ende auf einer Schneide, mit dem anderen auf einem prismatischen Balken *b*, der sich seinerseits wieder auf zwei Knaggen der mit einem Hebel *n* versehenen Stange *s* stützt. Dreht man den Hebel *h*, so fällt der Rostbalken *b* und damit sämmtliche Roststäbe in den Aschenfall und das Feuer erlischt.

In der Technik kommen bei gewissen Fabrikationsmethoden massenhaft feuchte und kleinzertheilte Rückstände vor, die sich ungemein vortheilhaft zur Heizung der Betriebs-Dampfkessel verwenden lassen. Dies findet namentlich bei Sägemühlen, Färbereien und Lederfabriken statt, wo solche Rückstände in Sägemehl, ausgelaugtem Farbholz und Gerberlohe bestehen. Solche Ueberreste lassen sich aber nicht auf Feuerungen gewöhnlicher Einrichtung verbrennen, vielmehr sind besondere Vorkehrungen zu treffen, und ist eine Hauptbedingung, dass die Zuführung in grossen Massen erfolgt. Man hat zwar diese Materialien zu Briquettes geformt und erzielt dann einen grösseren Heizwerth als aus den lose geschichteten Haufen, doch wird durch diese Arbeit das Material vertheuert, und begnügt man sich daher mit einem geringerem Heizeffect von billigerem Brennmaterial.

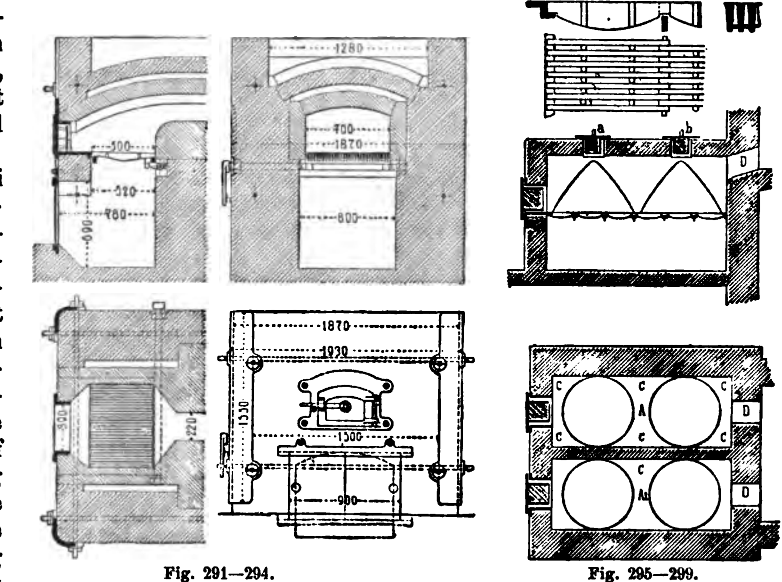


Fig. 291—294. Fig. 295—299.

Bei Feuerungen für Gerberlohe wird die aus den Gruben kommende, ausgelaugte und durch Walzenpressen des grössten Theiles ihrer Feuchtigkeit beraubte Lohe verwendet. Um diese trotz des Pressens noch immer viel Wasser enthaltende Lohe zu verbrennen, bedient man sich einer Einrichtung, die aus den Fig. 295 bis 299 ersichtlich ist; dieselbe besteht aus zwei nebeneinander liegenden Feuerungen AA_1, von denen jede etwa 2,4 m lang, 1 m breit und 0,75 m hoch ist. Der Rost ist durch Fig. 295—297 dargestellt; er ist aus Planroststäben mit übergreifenden Enden zusammengesetzt.

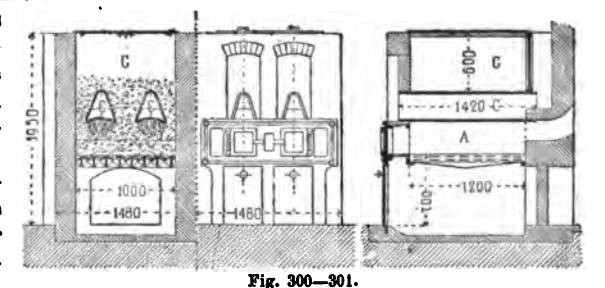


Fig. 300—301.

Die Beschickung jedes Rostes geschieht durch zwei Löcher *a* und *b*, die von oben durch das feuerfeste Ofengewölbe gebrochen sind, und zwar wird die Lohe abwechselnd vor einem der beiden Löcher aufgeschichtet, hierauf der Deckel des betreffenden Loches entfernt, so dass die Lohe auf einmal auf den Rost fällt und einen Haufen bildet. Nach der Beschickung werden die Löcher schnell wieder geschlossen. Das Feuer zieht durch die Oeffnungen *DD*; mitgerissene Flugasche wird in einer besonderen Grube gesammelt. Die Lohe bildet ziemlich regelmässige Kegel auf dem Rost; infolge dessen würde derselbe bei *cc* nicht von Brennmaterial bedeckt sein; man hat diese Theile daher mit feuerfesten Ziegeln zu belegen, um die Luft abzuhalten.

Für **trockene, ausgelaugte Gerberlohe** zeigt Fig. 300—301 (nach Amengaud ainé, Publication industrielle) eine Feuerungsanlage; dieselbe besitzt einige Aehnlichkeit in der Anordnung mit der nachfolgenden Construction für Verbrennung von Sägespähne und würde auch zur Feuerung mit diesen Abfällen dienen können. Fig. 300 giebt einen Querschnitt durch den Herd; in den Raum *G* wird die Lohe hineingeworfen und fällt dann auf die Gusseisenprismen *CC*, unter denen sich Höhlungen bilden. Hier in *A* brennt das Material von den eigenthümlich geformten, mit Längsschlitzen versehenen Roststäben gehalten, sodass sich unter den Prismen *CC* eine lebhafte Flamme entwickelt, welche beim Austritt aus der Feuerung, ehe sie die Feuerbrücke passirt, noch über einen geräumigen Aschenfall hinwegstreicht, in dem sich die Flugasche ablagert.

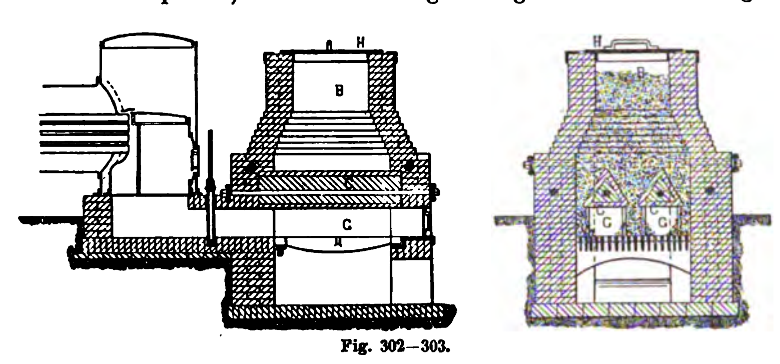
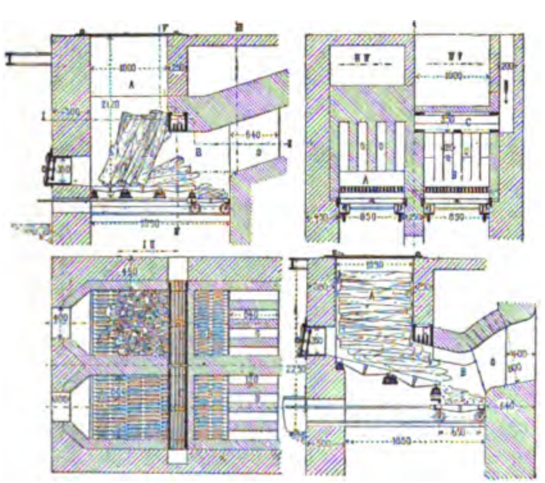


Fig. 302—303.

Einen Verbrennungsraum für Sägespähne stellen die Fig. 302—303 dar; die Einrichtung ist nach dem System Ourscamp getroffen. Ein Haufen Sägespähne brennt bei gehörigem Luftzug und bei Entfernung der Asche an der Oberfläche; da Holzasche aber sehr leicht ist, so wird sie durch die Luftströmung mit fortgenommen. Bei der vorgeführten Construction erfolgt die Beschickung durch den Schacht *B*, indem der Deckel *H* entfernt wird und fallen die Sägespähne dann in dem sich erweiternden Raume auf die Chamotteprismen *CC*. Unter diesen bilden sich Hohlräume *GG*, in denen die Sägespähne brennen; in dem Maasse, wie sie verzehrt werden, fallen sie zwischen den Chamottekörpern ohne weiteres Schüren nach. Die Asche gelangt theils in den Aschenfall, theils bleibt sie vor den Feuerzügen liegen; trotzdem wird noch sehr viel von derselben mitgerissen, man muss daher, um die leichte Reinigung der Züge bewirken zu können, für passende Oeffnungen sorgen.

Holzfeuerungen können sich in waldreichen Gegenden auch jetzt noch weit vortheilhafter erweisen als Kohlenfeuerungen. Das Verbrennen des Holzes in Vorfeuerungen bedingt allerdings einige Abweichungen in der Anlage; eine solche für Scheitholz stellen Fig. 303—306 dar; beschickt wird die Feuerung durch den mit einer Klappe versehenen Raum *A*, während die Feuerthüre mehr zum Schüren dient. Mit *C* ist ein hohler, gusseiserner Balken bezeichnet, der zur Luftzuführung dient. Nachdem die Scheite abgebrannt sind, fallen sie auf den kleinen, ausziehbaren Rost, während die Gase durch die Spalten *s* entweichen und soweit sie noch unverbrannt sind, sich an den glühenden Pfeilern entzünden. Durch diese Anordnung wird eine vollkommenere Mischung der Gase mit der Luft bewirkt, woraus eine gute Verbrennung resultirt.



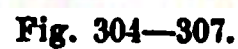
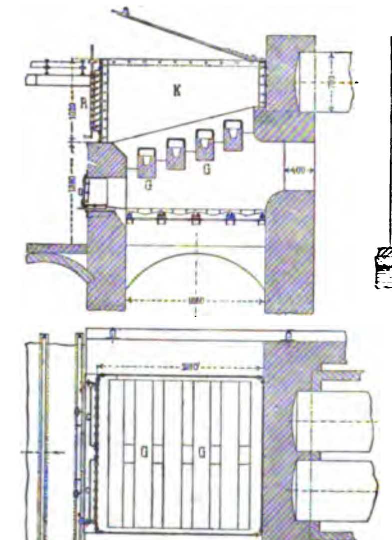


Fig. 304—307.



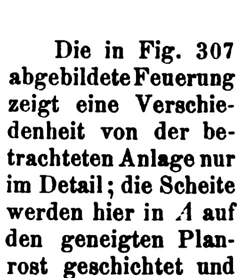


Fig. 308—310.

Die in Fig. 307 abgebildete Feuerung zeigt eine Verschiedenheit von der betrachteten Anlage nur im Detail; die Scheite werden hier in *A* auf den geneigten Planrost geschichtet und fallen in den Raum *P* auf den ausziehbaren Rost. Die in der weissglühenden Chamotte angebrachten Spalten mischen wieder Luft und Rauchgase und verbrennen letztere vollkommen.

Eine dritte Holzfeuerung veranschaulichen Fig. 308—310. Das Holz wird in den Kasten *K* ge-

worfen und verbrennt dort auf den Gewölben *G* liegend mit nach unten streichender Flamme. Auf dem Planrost gelangen nur stark glühende Kohlen, sodass die Rauchgase, welchen durch das Register Luft beigemischt ist, über die ersteren hinweggeführt werden und so verbrennen. Selbstverständlich sind Feuerthüre und Aschenfall luftdicht abgeschlossen, damit nur durch das Register *R* Luft angesaugt wird.

b. **Der Rost** ist so einzurichten, dass die Luft möglichst gleichmässig vertheilt zu dem Brennmateriale treten und dadurch der Verbrennungsprocess auf vollkommene Weise vor sich gehen kann. **Die Roststäbe** sind entweder aus Schmiede- oder Gusseisen und liegen unabhängig nebeneinander; letztere finden am meisten Verwendung.

Freie Rostfläche nennt man die Gesammtfläche der durch die Oeffnungen des Rostes gebildeten Zwischenräume; **totale Rostfläche** heisst der horizontale Querschnitt des Feuerraumes in der Höhe des Rostes.

Die Grösse des Feuerraumes und der Rostfläche richtet sich nach der Beschaffenheit des zu verbrennenden Materiales, nach der Menge desselben und nach der Zeit, innerhalb welcher es verbrannt werden soll. Allgemeine Angaben über die Grösse der Rostfläche sind folgende: Man kann annehmen, dass auf einen Quadratmeter Rostfläche 130—200 kg Coaks bei verstärktem Zuge verbrannt werden. Genauere Werthe liefert folgende Tabelle (nach Schinz), bei der sich die Angaben unter *a* auf Feuerungen beziehen, bei welchen es auf Erzeugung grosser Hitze nicht ankommt, wogegen bei *b* auf Erzeugung einer grösstmöglichen Hitze, aber weniger auf vollkommene Ausnutzung des Brennmaterials Rücksicht genommen ist.

Tabelle über das Verhältniss der Rostfläche zum Brennmaterial.

Brennstoffe	Rostfläche in qm pro 100 kg Brennstoff, der stündlich verbrannt werden soll		Höhe der Brennstoffschicht auf dem Roste in mm		Freie Rostfläche in Theilen der Gesammtrostfläche	Rostspaltenbreite in mm
	a	*b*	*a*	*b*		
Hartes Holz	0,60	0,40	160	720	1/5—1/3	7— 9
Weiches Holz	0,40	0,30	160	1100	1/6—1/5	7— 9
Torf	0,90	0,40	220	1470	1/6—1/5	13—18
Braunkohle	0,90	0,40	220	470	1/5—1/3	4—13
Coaks	0,80	0,40	310	630	1/4—1/3	9—13
Holzkohle	0,90	0,70	65	630	1/4—1/3	9—15
Anthracit	0,90	0,30	95	310	1/4—1/3	9—13
Steinkohle	1,10	0,40	80	210	1/4—1/3	9—13

Neuerdings weicht man von den in vorstehender Tabelle gegebenen Werthen etwas ab, was schon darin seinen Grund hat, dass man die Roststäbe schmäler und die Zwischenräume im Verhältniss zur Breite des Roststabes grösser macht als diese Tabelle ergiebt (s. Tabelle über Roststäbe). Man kann als practische Mittelwerthe sich der in folgender Tabelle enthaltenen Zusammenstellung bedienen.

Brennstoffe	Rostfläche pro 100 kg Brennstoff, der stündlich verbrannt werden soll qm	Freie Rostfläche in Theilen der Gesammtrostfläche	Höhe der Brennstoffschicht auf dem Roste mm	Abstand des Stoffes vom Gewölbe des Feuerraums mm
Holz	0,6—0,8	1/6—1/4	200—300	500—750
Torf	0,6—0,8	1/6—1/4	200—300	500—750
Braunkohlen . .	0,8—1,2	1/4—1/2	120—180	250—350
Steinkohlen . . .	1,2—1,6	1/4—1/3	130—200	500—600
Coaks	1,3—1,8	1/5—1/3	150—200	500—600

Die Breite des Rostes schwankt zwischen 0,4—1 m, selten beträgt dieselbe 1,5—2 m; **die Länge** beträgt zwischen 1,5—2 m, bei 2 m Länge wird die Beschickung schon schwierig. Die äusserste Grenze der Rostfläche wird sich nach Vorstehendem auf 4 qm belaufen.

Die Anordnung und Construction der Roststäbe ist eine sehr mannigfaltige; sie richtet sich nach der Beschaffenheit des Brennmaterials und der Art der Feuerung. Für kleine Feuerungen dient ein aus einem Stück gegossener Rost wie Fig. 311 zeigt;

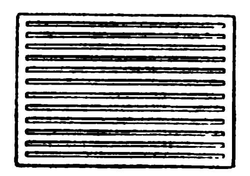


Fig. 311.

man findet denselben meistens bei Ofenfeuerungen in Anwendung und aus möglichst strengflüssigem Gusseisen angefertigt. Der Querschnitt der gusseisernen Roststäbe ist ein Trapez, und zwar liegt die schmälere Seite nach unten; diese Anordnung hat den Zweck, Asche und Schlacke bequem durchzulassen.

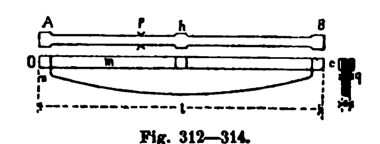


Fig. 312—314.

Grössere Roste werden aus einzelnen Stäben zusammengesetzt; Fig. 312—314 zeigen einen solchen Rost-

stab. Bei A und B bemerkt man Erweiterungen des Querschnittes, mit denen die Stäbe gegen einander gelegt werden, um so die zum Zuführen der Luft erforderlichen Spalten zu bilden. Die Dicke der Ansätze richtet sich nach der Grösse der erforderlichen freien Rostfläche. Der mittlere Ansatz bei h wird nur bei Stäben über 80 cm Länge nothwendig. Die Maximallänge eines Roststabes soll 1,2 m auf keinen Fall überschreiten; in neuerer Zeit bleibt man weit unter diesem Werthe. Längere Roste sind aus zwei oder mehr Reihen von hintereinander liegenden Stäben zu machen. Bezugnehmend auf die Fig. 312—314 gilt über die **Stärke der Roststäbe** folgende Tabelle:

Brennmaterial	Länge l	Dicke in mm		Weite der Rostspalten in mm		Höhe des Roststabes h	
	mm	oben (p)	unten (s)	oben	unten	in der Mitte	am Auflager mm
Steinkohle	600—900	8—12	4—6	6—10	10—16	$25 + 0,1\,l$	35
Braunkohle oder nicht backende Steinkohle	300—600	6	4	3—4	5—6	$25 + 0,1\,l$	35
Holz	450—700	8—10	4—6	5—10	8—12	$25 + 0,1\,l$	35

Infolge der Wärme wird der Roststab ausgedehnt, er muss sich also auf dem Rostbalken frei verschieben können.

Die Gesammtausdehnung des Roststabes beträgt etwa $1/24$ der Länge. Nach Brix ist die bleibende Ausdehnung 2—3% der Länge. Die **Rostbalken** haben die mannigfachsten Formen; man hat rechteckige, T- und winkelförmige Querschnitte verwendet wie Fig. 315—329 zeigen. Um den Stäben ein Ausweichen zu erleichtern, wendet man auch wohl, wie Fig. 321 und Fig. 328 darstellen, Stäbe mit abgerundeten Enden an.

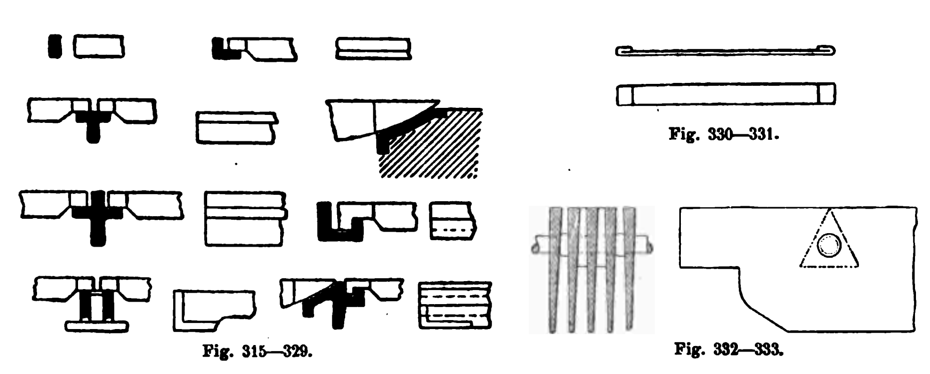


Fig. 315—329. Fig. 330—331. Fig. 332—333.

Schmiedeeiserne Roststäbe von rechteckigem Querschnitt 8 bis 10 cm hoch und 5 mm dick biegt man an einem Ende um und legt sie auf die hohe Kante neben einander (Fig. 330 und 331). Durch die vielen kleinen Kanäle wird die Luft gleichmässiger zu den Brennstoffen geführt, zugleich findet zwischen den 8—10 cm hohen Roststäben eine Erwärmung der Luft und dadurch eine zweckmässige Abkühlung der Roststäbe statt, wodurch ein Verbrennen derselben vermieden wird. Sehr zweckmässig ist die Anordnung der Belpaireschen schmiedeeisernen Roststäbe, welche Fig. 332—333 vorführen. Die Stäbe von Trapez-Querschnitt sind oben 8 mm dick und werden jedesmal 3 Stück zu einem Packet vereinigt. Hierdurch erlangt der Rost trotz der schwachen Stäbe grosse Festigkeit und kann bis zu Längen von 850 mm ausgeführt werden. Ein jedes Packet hat einen Ansatz, der verhindert, dass die Stäbe zu weit zusammenrücken.

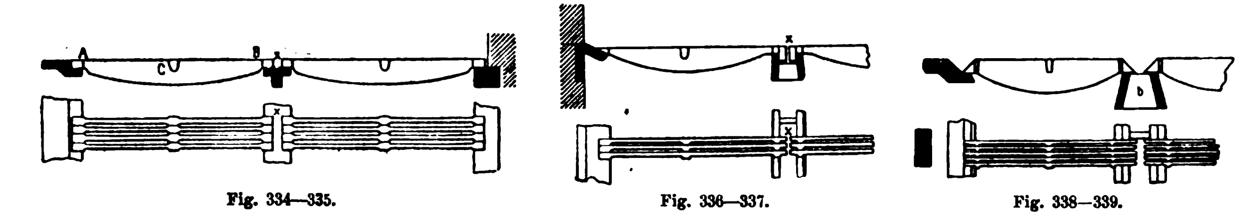


Fig. 334—335. Fig. 336—337. Fig. 338—339.

In Fig. 334—335 ist ein Rost für eine grössere Feuerungsanlage abgebildet; Fig. 336—337 zeigt eine etwas veränderte Anordnung für das Ausweichen der Roststäbe beim Erwärmen. Da sich in die Zwischenräume $x\,x$ leicht feste Schlacke setzt und so das Ausdehnen der Stäbe verhindert wird, so hat man hiergegen Vorkehrungen getroffen; so zeigt Fig. 338—339 einen Roststab mit abgeschrägten Enden. Der Rostbalken b ist hohl und lässt Steine, Asche etc. in den Aschenfall gelangen; er besteht aus zwei durch einen Steg verbundenen Wangen und verkleinert die freie Rostfläche nicht. Der Mehl'sche Patentrost und die diesen sehr ähnliche, durch Fig. 340 veranschaulichte Anordnung sucht

dies dadurch zu verhindern, dass die Roststäbe nicht voreinander, sondern nebeneinander liegen, sodass die Enden des einen Satzes in die des anderen greifen.

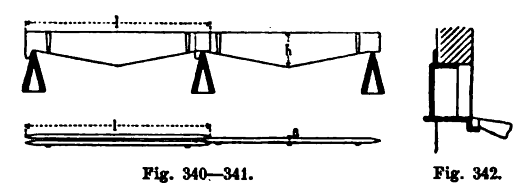


Fig. 340—341. Fig. 342.

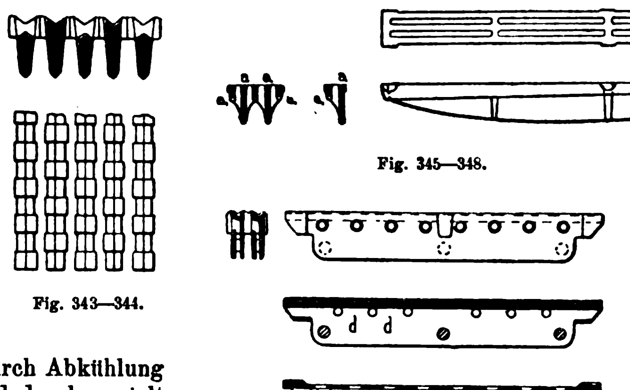


Fig. 343—344. Fig. 345—348. Fig. 349—352.

Die bislang betrachteten Roststäbe haben alle eine ebene Oberfläche, da es jedoch vortheilhaft ist, das Brennmaterial auf Schneiden zu legen, um die ganze Rostfläche zu einer freien zu machen, so hat man Formen für Roststäbe angewendet, wie Fig. 340—341 zeigt. Andere Constructionen bezwecken die Roststäbe durch Abkühlung vor dem Verbrennen zu schützen und soll dies dadurch erzielt werden, dass man die zuzuführende Luft mit einer möglichst grossen Oberfläche zusammenbringt. Einen solchen Roststab zeigen Fig. 345—348; man erkennt, dass derselbe aus ungleich hohen, mit einander verbundenen Stäben besteht, von denen die höheren *a* hauptsächlich bestimmt sind, dem ganzen System die nöthige Festigkeit zu geben; sie werden mit Vortheil für magere, nicht backende Kohle verwendet, deshalb kann man die Dicke bei grosser Länge klein machen. Eine ähnliche Construction zeigt Fig. 349—352; der Roststab besteht aus zwei, mit einander verbundenen Wangen, zwischen diese strömt die Luft, erwärmt sich, geht durch die gegeneinander versetzten Löcher *d* in die eigentlichen Spalten über und mischt sich so mit dem Brennmaterial. Dieser Roststab dürfte sich eher für backende Kohlen empfehlen.

Eine Rostplatte wird jederzeit vor dem Roste angebracht, sie verbindet den letzteren mit dem dem Feuerungsraume; ihre Breite ist etwa 20—30 cm. Häufig ist die Anordnung so getroffen, dass sie zugleich dem Roststabe als Auflager dient, wie Fig. 342 andeutet. Zuweilen ist die Platte auch durchbrochen oder aus Stäben gebildet.

Das Brennmaterial übt den grössten Einfluss auf die Anordnung des Rostes aus. Die gewöhnliche Construction ist die des **Planrostes**, den wir in seinen verschiedenen Variationen bereits bei der Besprechung des Feuerherdes vorgeführt haben.

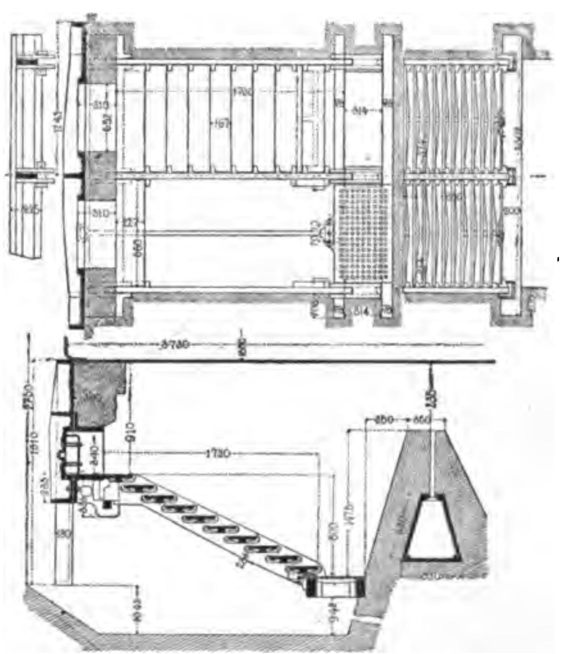


Fig. 353—356.

Der Treppenrost wird bei sehr zerkleinertem Brennmateriale, aus nicht backenden Stein- oder Braunkohlen von kleinem Korne bestehend mit Vortheil angewendet. Es würde eine Planrostanlage unvortheilhaft sein, weil die kleinen Kohlenstückchen in den Aschenraum fallen würden, ohne verbrannt zu sein; das vortheilhafteste Brennmaterial für dieselben sind ordinäre Braunkohlen, Gemische aus mageren Steinkohlen und Braunkohlen, Kohlen- und Coaksklein.

Einen solchen Treppenrost stellt Fig. 353—356 dar, der sich hauptsächlich für Torf und ähnliche, trockene Brennmaterialien sehr gut bewährt hat. Bei der Construction kommt sehr viel auf die Neigung an, so haben die Wangen des Rostes Fig. 353 eine Neigung von 28°. Das Beschicken geschieht durch zwei einflügelige Thüren, welche an eisernen Feuerthürplatten angebracht sind. An die untere Seite derselben sind an den beiden Enden in der Mitte je zwei Lappen angegossen und durch dieselben starke Bolzen gesteckt, auf welche sich die oberen Enden der Treppenrostwangen stützen, während sie unten ihren Stützpunkt auf Querträgern finden, welche mit ihren Enden eingemauert sind. Auf letzteren ruhen durchlöcherte Schieber, welche während des Feuerns bewegt werden können. Die einzelnen Roststufen liegen mit ihren Enden fest in Auflagern, welche an die Wangen angegossen sind; die Stufen können daher leicht und bequem ausgewechselt werden.

In der Feuerbrücke befindet sich ein aus vier gusseisernen Platten zusammengesetzter Kasten, aus welchem Canäle von 40 mm Durchmesser nach oben führen, durch welche erwärmte Luft in den Verbrennungsraum befördert wird.

Häufig findet man die Roststäbe auch so angeordnet, dass die Flamme gezwungen ist, nach unten zu brennen, alsdann durchziehen die Verbrennungsgase die glühenden Kohlen; in diesem Falle sind dann die Roststäbe in umgekehrter Anordnung anzulegen. Um das Entweichen der Feuerungsgase zu verhindern, ist der Rost vorn mit einem Gewölbe zu umgeben. Die Beschüttung mit Brennmaterial erfolgt dann continuirlich; auch bei gewöhnlichen Treppenrosten findet man continuirliche Beschickung vielfach angewendet.

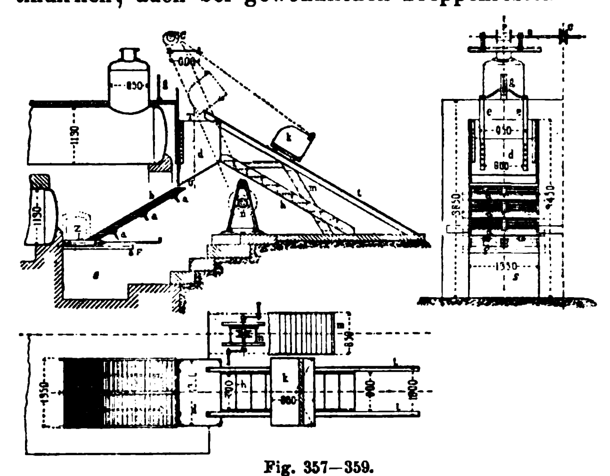


Fig. 357—359.

Eine Treppenrost-Anlage mit Schüttfeuerung für Dampfkessel stellt Fig. 357—359 dar; die Wangen *b* liegen in einem Winkel von 32⁰ und finden ihre Unterstützung durch drei gusseiserne Balken *a*. Der untere Theil wird durch einen Planrost *L* gebildet, der auf Schienen *F* fortzuziehen ist, worauf Asche und Schlacken in den Aschenfall *s* fallen. Um in die Feuerzüge u. s. w. hineingelangen zu können, ist die seitliche Thür *z* angebracht. Die Schüttvorrichtung besteht aus dem schmiedeeisernen Kasten *d*, der durch einen Schieber geschlossen werden kann; gehoben wird derselbe durch den an den Schienen *e e* sitzenden Bügel, indem man einen Stab in die durchlöcherte Platte *g* einsetzt und diese als Widerlagspunkt für den Hebel benutzt.

Entweder benutzt man zum Füllen des Trichters die Treppe *h* oder die theilweise selbstthätige Schüttvorrichtung. Auf den Schienen *i* wird der Karren *k* mittelst der Winde *n*, der Trommel *p* (s. Fig. 358, Schnitt *TU*) und des Kettenrades *C* heraufgezogen und kippt dann, oben angelangt, von selbst um; auf diese Weise ist dem Feuermanne das sehr mühsame Herauftragen des Brennmaterials erspart. Die Treppe *m* mit dem Podest dient zum Besteigen der Kesseleinmauerung.

Von der Thatsache ausgehend, dass durch das Schüren des Feuers und durch das Aufwerfen von Kohlen der meiste Rauch entsteht, haben sich verschiedene Constructeure bemüht, Rostanlagen zu ersinnen, bei denen ein Schüren ohne Oeffnen der Feuerthüre bewirkt werden kann. Es sind dies die **Schüttelroste**, deren erstes Constructionsprincip darauf beruhte, dass man das eine Ende des Roststabes auf ein Knaggenrad legte, welches von aussen durch eine Kurbel zu bewegen war; auf diese Weise wurde dem Stabe eine ruckweise Bewegung mitgetheilt und mit dem Brennmaterial eine dem Schüren ähnliche Manipulation vorgenommen. Besonders bei stark backenden Kohlen, bei denen die fest zusammengesinterterte Oberfläche durch das Eisen des Heizers zerstossen werden werden muss, versprach man sich viel von dem Roste und sind daher eine Menge Abänderungen des Grundprincipes aufgetaucht.

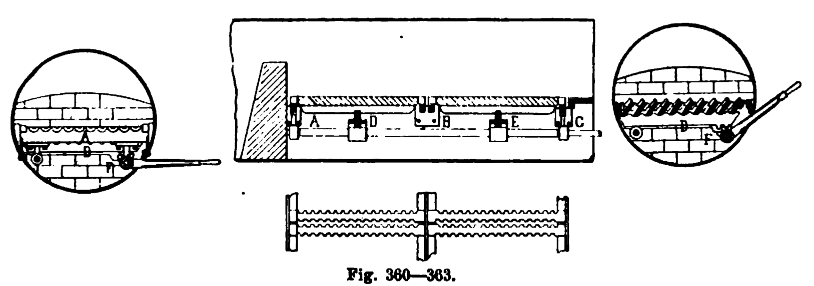
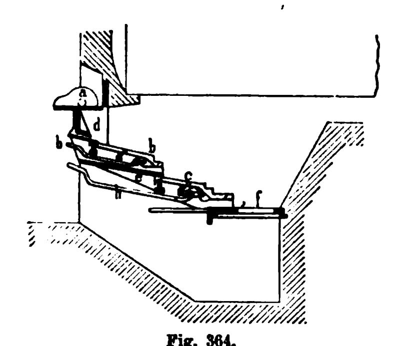


Fig. 360—363.

Einen Diagonal-Schüttelrost führen wir durch Fig. 360—363 vor (Patent), dem sehr gute Erfolge nachgerühmt worden. Fig. 360 lässt erkennen, dass die Roststäbe mit abgerundeten Enden in den Balken *A*, *B*, *C* ruhen, so dass sie eine Drehbewegung machen können, welche durch die Schienen *D*, *E* hervorgebracht wird. Wie Fig. 362 zeigt, ist *D* ausgezackt und in den Höhlungen ruhen die Roststäbe; mittelst des Zahnsegmentes F ist *D* hin und her zu bewegen, wodurch den Roststäben eine pendelnde Bewegung mitgetheilt wird, was bei der besonderen Form der Roststäbe einem Durchschütteln des Brennmaterials gleichkommt. Fig. 360 zeigt die Endansicht und lässt die abgerundeten Enden der Roststäbe erkennen, während man aus Fig. 362 ersieht, dass die Endstäbe festliegen. Durch Schrägstellen der Roststäbe hat man es in der Hand, die freie Rostfläche und damit den Luftzutritt zu vermindern.

Der Klarkohlenrost von Bolzano gehört ebensowohl zu den Etagenrosten, als zu den Schüttelrosten. In Bezug auf erstere kann man ihn eine Verbesserung des Langen'schen Etagenrostes nennen. Aus Fig. 364 ist ersichtlich, dass derselbe entsprechend der Grösse der Rostfläche aus einer oder zwei Abtheilungen unter 12⁰ geneigten, mit treppenartigen Roststäben versehenen Stufen *b* und *c* besteht. Die

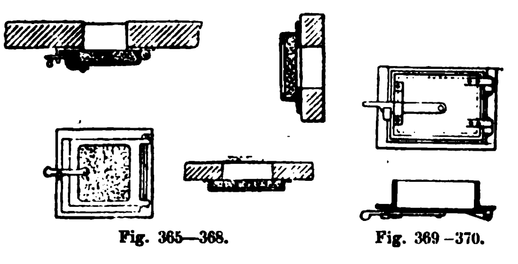
unteren Theile sind abwechselnd fest und beweglich und durch die Hebel *h* zu heben oder zu senken, wodurch ein Auflockern der Brennmaterialschicht erfolgt. Ueber der mit Schaulöchern versehenen Platte *d* befindet sich die Klappe *a*, auf welche das Brennmaterial geschüttet wird; durch Drehung um einen Bolzen wird *a* gehoben und die Kohlen fallen auf die Roststäbe, wobei durch die Treppenstufen ein zu weites Fortrollen grösserer Stücke verhindert wird. Das durch die Rostspalten auf *e* fallende Kohlenklein wird mit einer Krücke auf die Stäbe *c* geschoben; *f* ist ein Planrost und kann mittelst eines Handgriffes hervorgezogen werden, worauf die etwa alle zwei Stunden zu entfernenden Schlacken in den Aschenfall gestürzt werden können. Die Zwischenräume zwischen *b*, *c* und *f* (etwa = 65 mm) müssen immer dicht mit Brennmaterial geschlossen gehalten werden, ausgenommen wenn sie zum Entfernen der Schlacke benutzt werden.


Fig. 364.

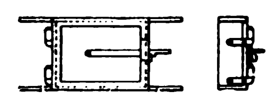
Der Aschenfall hat gewöhnlich die Grösse des Rostes, er darf der durchströmenden Luft nicht zu viel Widerstand entgegensetzen und niemals einen kleineren Querschnitt als der Gesammtrost haben, sonst ist er beliebig zu formen. Häufig findet man auf dem Grunde des Aschenfalls eine Wasserschicht angebracht, die dazu dienen soll, die nach unten strahlende Wärme aufzunehmen, unter deren Einfluss zu verdunsten, wodurch nicht allein die Roststäbe abgekühlt werden sollen, sondern man will durch den sich zersetzenden Wasserdampf auch eine langgezogene Flamme erzielen.

d. **Das Feuergeschränk** bildet den Verschluss des Feuerraumes; falls dieselbe nicht wie bei Zimmerheizungen ohne Einfluss auf die Feuerung ist und es gleichgültig ist, ob der Flamme Wärme entzogen wird oder nicht, hat man darauf zu achten, dass auch hier möglichst schlechte Wärmeleiter angewendet werden. In jedem Falle ist die Grösse der Thür auf ein Minimum zu beschränken und die Beschickung so schnell als es geht, zu erledigen. Schwere Thüren z. B. bei Flamm- und Trockenöfen werden mittelst Gegengewichten gehoben.

Um den Wärmeverlust durch Strahlung so viel als möglich zu reduciren, empfiehlt Schinz, die durch Fig. 365—368 abgebildete Thür, welche aus porösem Thone gemacht ist.


Fig. 365—368. Fig. 369—370.

Gewöhnliche Feuergeschränke, wie sie bei kleineren Feuerungen, gemauerten Herden u. s. w. gebraucht worden, zeigen Fig. 369—370; der Rahmen ist aus Blech und Flacheisen angefertigt. Die Thüre besteht ebenfalls aus Blech, welches durch Flacheisen verstärkt ist; gedreht wird dieselbe um Kloben, die an dem Kasten angenietet sind. Der Verschluss wird wie bei der durch Fig. 371—372 veranschaulichten, mit gusseisernen Kasten versehenen Construction durch eine einfache Falle bewirkt. Oft werden auch mit Vortheil luftdicht schliessende Feuerthüren angewendet und wird durch Fig. 373—374 eine solche zur Anschaung gebracht. Man presst die gut bearbeitete Thür durch eine Schraube *r* fest gegen den Rahmen; der Kloben *k* hält die Falle zurück und der Schieber *s* dient zur Zugregulirung.


Fig. 371—372.

Grosse Feuerungsanlagen erhalten entweder einflügelige oder zweiflügelige Thüren; erstere sind 30—36 cm breit und 26—33 cm hoch, letztere 45—46 cm breit und 30—35 cm hoch.

Diese Heizthüren werden mit kräftigen, gusseisernen Platten armirt, welche die Flügel tragen; so zeigen Fig. 375 bis 377 ein einflügeliges Feuergeschränk. Die Flanschen des gusseisernen Kastens stehen nach einer Seite hin schräg; die Befestigung am Mauerwerk erfolgt durch vier Ankerschrauben. Vor der Thür ist eine durch Stehbolzen befestigte Eisenplatte angebracht und soll die zwischen beiden eingeschlossene Luftschicht zur Verhinderung der Wärmestrahlung dienen. Die Entfernung der Eisenplatte von der Thür beträgt 5—10 cm; an die untere Kante *M*, die 65—80 cm über dem Erdboden liegt, schliesst sich der Rost und der übrige Feuerraum.

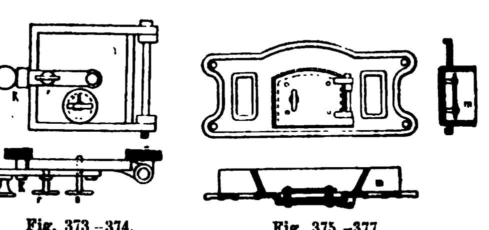

Fig. 373—374. Fig. 375—377.

Fig. 378—380 bringt eine grosse, zweiflügelige Construction zur Anschauung; die Thür ist geneigt angeordnet, unter dem Schachte derselben befindet sich der Schieber *A*, welcher durch Handgriffe zurückzuziehen ist, wodurch die Entfernung der Schlacke und Asche wesentlich erleichtert wird. Im Uebrigen

ist die Construction aus den Figuren zu ersehen; die Schutzplatten vor den Thüren sind durch je 6 Stehbolzen befestigt.

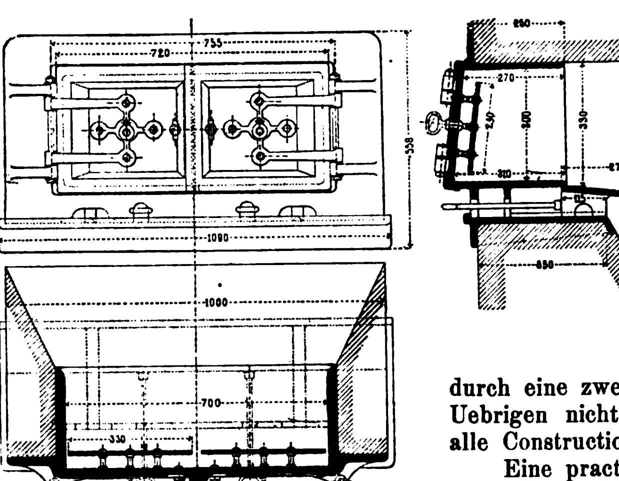


Fig. 378—380.

Wenn die Rostbreite sehr gross, sodass ein Verziehen des Feuergeschränkes zu befürchten ist, so bedient man sich eines aus einzelnen Theilen zusammengesetzten Geschränkes, wie es Fig. 381—383 darstellt. Dasselbe besteht aus 4 Theilen *A*, *B*, *C*, *D* und wird vermittelst der durch die Flanschen *F* gezogenen Schrauben verbunden. Schliesslich möge nun noch das doppelte Feuergeschränk, welches Fig. 384 und 385 veranschaulicht, erwähnt werden; es sind hier 2 Rostanlagen nebeneinander angeordnet, jede derselben ist durch eine zweiflügelige Thür geschlossen; die Construction ist im Uebrigen nicht abweichend von den vorher besprochenen, sodass alle Constructionseinzelheiten aus der Skizze zu ersehen sind.

Eine practische Anordnung einer Feuerthür in Verbindung mit einem schrägen Roste verdeutlicht die Zeichnung Fig. 386—388. Auch diese Roststäbe haben abgeschrägte Enden und sind in der Mitte durch einen getheilten Balken gestützt. Die an das Feuergeschränk geschrobene Rostplatte ist deutlich zu erkennen, und aus Fig. 386 das Feuergeschränk in der Vorderansicht in deutlicher Weise ersichtlich. Fig. 388 giebt den Grundriss des Rostes wieder, man sieht, wie sich der Feuerthürschacht an den breiteren Verbrennungsraum anschliesst. Die Abbildungen geben zugleich ein Gesammtbild von der Feuerungsanlage mit geneigtem Roste.

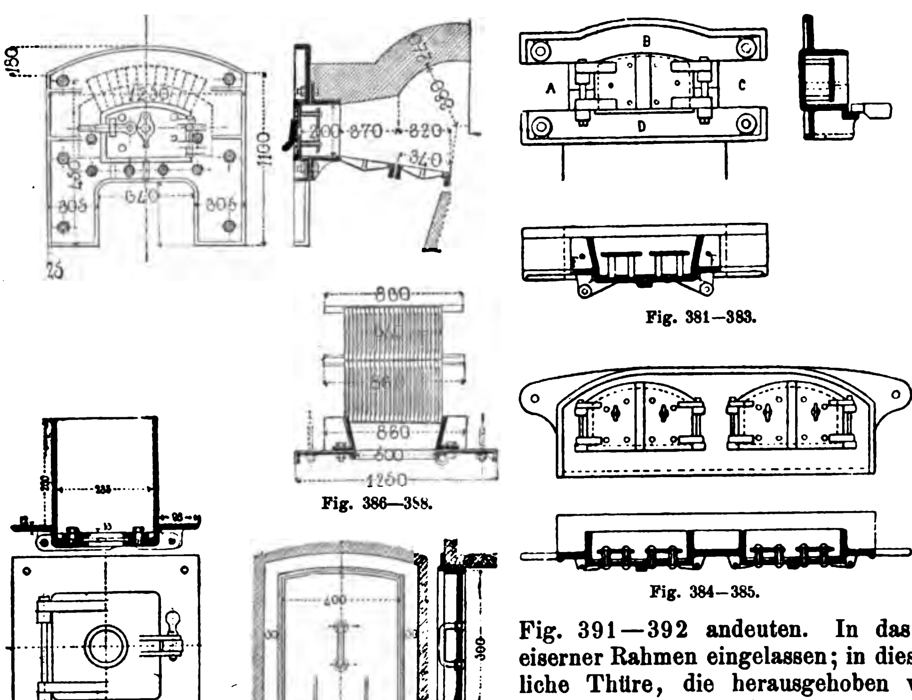


Fig. 381—383.

Fig. 386—388.

Fig. 384—385.

Fig. 389—390.

Fig. 391—392.

Sehr häufig wendet man auch bei Feuerungsanlagen **Schaulöcher** an, um den Gang der Verbrennung zu überwachen. Fig. 389—390 ist die Zeichnung eines solchen Schauloches. In einer Thür, die zwar das Oeffnen erlaubt, doch für gewöhnlich geschlossen gehalten wird, ist eine starke, runde Glasscheibe eingesetzt, die durch eine Gusseisenplatte gehalten wird. Die übrige Construction ist aus den Skizzen ersichtlich.

Putzöffnungsverschlüsse in den Feuerzügen oder im Fuchse macht man, anstatt sie zu vermauern, bei häufigen Oeffnen zweckmässig von Gusseisen, wie Fig. 391—392 andeuten. In das Mauerwerk ist ein gusseiserner Rahmen eingelassen; in diesem befindet sich die eigentliche Thüre, die herausgehoben werden kann und mittelst Flanschen dicht schliesst.

e. **Die Feuerbrücke**, eine am Ende des Verbrennungsraumes angebrachte Erhöhung ist bei einer zweckmässigen Anordnung unentbehrlich. Die aus dem Herde aufsteigenden Verbrennungsproducte sind noch nicht fertig gebildet, sie enthalten noch brennbare Gase und Dämpfe nebst freiem Sauerstoff. Die Flamme ist ein solches Gemenge, welches im Begriffe ist, zu verbrennen und ist die Vollendung dieses Processes durch hinreichend hohe Temperatur und innige Berührung der Körper

bedingt. Die Feuerbrücke ist sowohl geeignet, zur nachträglichen Entzündung der brennbaren Gase beizutragen, als auch eine innige Berührung der gasförmigen Körper durch eine Querschnittsverengung hervorzubringen. Ausserdem sucht man auch das Mitreissen von Asche in die Feuerzüge durch dieselbe zu hindern.

2. Der Heizraum und die Rauchcanäle.

a. **Die Heizcanäle oder Züge**, in denen die Wärme abgegeben wird, sind je nach den zu erfüllenden Bedingungen und je nach der Feuerungsanlage verschiedenartig zu construiren. In den Feuerzügen kühlen sich die Gase auf 200—300° ab und entweichen dann in den Schornstein. Der Querschnitt der Kanäle kann für manche Zwecke bis zu dem 1—2fachen der freien Rostfläche, mitunter auch noch grösser gemacht werden, um den Gasen einen längeren Aufenthalt zu gestatten und um so eine vollkommene Abkühlung zu bewirken. Für Dampfkessel- und ähnliche Feuerungen macht man den Querschnitt des ersten Zuges $^3/_4$, des zweiten $^5/_8$ und des dritten sowie des Schornsteins $^1/_2$ der freien Rostfläche. Die Gesammtlänge der Feuerzüge kann 28—30 m betragen; bei grösserer Länge muss man eine künstliche Zugbeförderung zu Hilfe nehmen.

Der Zug wird dadurch erzeugt, dass die leichtere, mit Feuergasen gemischte Luft in dem Schornsteine in die Höhe steigt, wodurch frische, sauerstoffhaltige Luft durch den Rost wieder nachströmt. Aus diesem Grunde muss dieses Gemisch der abziehenden Gase auch noch eine genügend hohe Temperatur besitzen, die Länge der Feuerzüge darf nicht zu gross sein und alle Ecken in den Leitungen sollen möglichst vermieden werden.

b. **Der Fuchs mit dem Essenschieber** befindet sich vor der Mündung des Schornsteins. In Betreff des ersteren ist zu erwähnen, dass man demselben niemals Fall von der Feuerungsanlage aus nach dem Schornstein hin geben soll, weil sich im tiefsten Punkte sonst leicht kalte Luft ansammelt und dort stehen bleibt und somit bis zu ihrer Erwärmung den Querschnitt verengt. Der Fuchs soll entweder horizontal liegen oder noch besser gegen den Schornstein hin ansteigen.

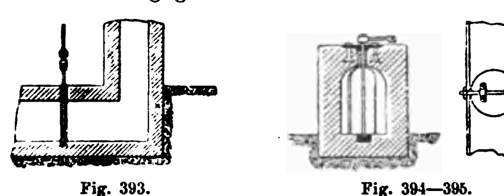


Fig. 393. Fig. 394—395.

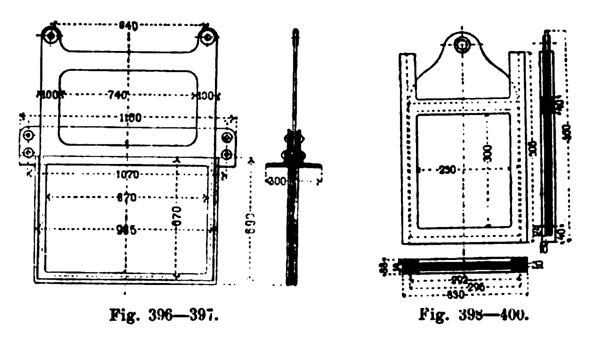


Fig. 396—397. Fig. 398—400.

Die Essenschieber sind Absperr- und Regulirungsvorrichtungen, die, wie Fig. 393—395 zeigen, als Schieber oder als Drosselklappen ausgeführt werden. Einen gusseisernen Zugschieber von zweckmässiger Construction stellen Fig. 396 u. 397 dar. Fig. 396 lässt erkennen, wie der eigentliche Schieber geformt ist. Die Führungstheile werden durch vier Nieten zusammengehalten und ist die Form der ersteren, wie aus Fig. 397 hervorgeht, die des Winkeleisens. Die Construction eines anderen Essenschiebers, durch Fig. 398—400 abgebildet, ist aus der Zeichnung ersichtlich.

3. Der Schornstein.

Bei jeder Feuerung ist **der Schornstein** die unmittelbare Ursache des Zuges und entsteht letzterer durch die Störung des Gleichgewichtes zweier Luftmassen, von denen die eine, die leichtere, im Schornstein vorhanden, die andere, schwerere aber, als eine mit dem Schornstein gleichhohe Luftsäule, in der Atmosphäre befindlich, zu denken ist. Beide Luftsäulen communiciren durch den Gebäuderaum oder durch den Feuerraum und den Luftcanal, infolge dessen sind auf die Schornsteine und deren Theorie die aërostatischen Gesetze für communicirende Röhren anzuwenden. Bei den Ermittelungen der Schornsteinquerschnitte nimmt man das specifische Gewicht des Rauches gleich demjenigen warmer Luft von derselben Temperatur. Ist also ein Schornstein von der Höhe H mit warmer Luft von T^0 C. angefüllt und kann diese warme Luftsäule infolge ungehinderten Zuflusses gleichwarmer Luft von der Feuerung her auf einige Zeit von gleicher Höhe und Beschaffenheit angenommen werden, hat die äussere Atmosphäre die Temperatur t^0, so ist die theoretische Geschwindigkeit $v = \sqrt{2gH\frac{T-t}{273+t}}$ *, von der die Menge der durch den Rost ziehenden atmosphärischen Luft abhängt.

---

* Bei Wolpert, Principien der Heizung und Ventilation, findet man die Formel für die wirkliche Geschwindigkeit mit Berücksichtigung der Widerstände (in m): $v = \sqrt{\frac{2gH(T-t)D}{(273+t)(D+2gKL)}}$, wo D die Schornsteinweite, L die Gesammtlänge der Rauchröhren und der Schornsteinhöhe und K einen Erfahrungscoefficient $= 0,0025$ bedeutet. (Vergl. Ventilation.)

Man unterscheidet zwischen Rauchröhren und Fabrikschornsteinen; erstere werden in den Gebäuden hochgeführt und dienen zum Abführen des in den Feuerungen und Oefen erzeugten Rauches, letztere sind selbstständige Bauwerke.

a. **Rauchröhren.** Bei dem Bau und der Construction der Rauchröhren hält man sich an die durch die Erfahrung festgestellten Regeln; ausserdem ist auf die Erfüllung der baupolizeilichen Vorschriften genau zu achten.

Ferner spricht man von **befahrbaren Schornsteinen** und **russischen Röhren**. Die befahrbaren Rauchröhren, von gewöhnlich rechteckigem oder quadratischem Querschnitt, der 0,4—0,5 m Seitenlänge hat, werden nur noch selten gebaut, da man sich überzeugt hat, dass dieselben keinen besseren Zug erzeugen, als die engen oder russischen Rauchröhren; bei diesen rechnet man für jeden in den Schornstein mündenden Ofen 80 qcm der Grundfläche; bei Kochherden geht man etwas weiter, für kleine Herde genügt 20 × 20 cm Querschnitt. Bei den Feuerungen tritt sehr leicht der Fall ein, dass die Verbrennungsproducte nicht durch den Schornstein abgeführt werden, man sagt dann „der Schornstein zieht nicht" und es erfolgt ein Einrauchen des Raumes.

Das Einrauchen der Rauchröhren. Jedes offene Herd- und Kaminfeuer muss eine besondere Rauchröhre bis über das Dach hinaus haben; werden in verschiedenen Stockwerken mehrere solcher Feuerungen in einen Schornsteinkasten zusammengeführt, so müssen dieselben durch Zungen getrennt sein. Sind die Feuerungen geschlossen, so kann man mehrere Oefen desselben Stockwerkes in eine Rauchröhre leiten, doch müssen alle Reinigungsthüren des Schornsteins sorgfältig geschlossen sein. Feuerungen aus verschiedenen Stockwerken in dasselbe Rohr zu leiten, ist unter allen Umständen verwerflich, da es leicht vorkommen kann, dass es in Räumen raucht, wo gar nicht gefeuert wird. Die eisernen Röhrenstücke, welche in den Schornstein eingesetzt werden, sollen etwas nach oben gerichtet sein und dürfen niemals zwei derselben einander gegenüberstehend einmünden, sondern die eine muss etwas tiefer als die andere liegen.

Jede Rauchröhre muss mindestens 30—60 cm über den Dachfirst hinausgeführt werden, jedoch raucht dieselbe um so leichter ein, je höher sie in freier Luft steht, weil dann die Abkühlung bedeutend ist. Daher muss man suchen, die Schornsteine am First austreten zu lassen und sie, um dieser Bedingung zu genügen, wölben oder ziehen.

Aus den nämlichen Gründen hat man so viele Rauchröhren wie möglich in einem Kasten zu vereinigen, weil dieselben dadurch einestheils wärmer liegen, anderentheils weniger Durchbrechungen der Dachfläche nöthig werden, wodurch die Dichtigkeit der letzteren dem Regen gegenüber vermehrt wird. Neugebaute Schornsteine rauchen sehr leicht, doch kann man bei sonst rationeller Anlage daraus schliessen, dass das Mauerwerk noch feucht ist; das Rauchen hört später nach dem Trocknen auf.

Hohe Schornsteine rauchen weniger leicht ein als niedrige und haben besseren Zug; sind die Rauchröhren stark gezogen, so wird hierdurch die Geschwindigkeit der ausströmenden Gase vermindert, der Zug also verschlechtert. Das Ziehen oder Schleifen der Schornsteine soll höchstens unter einem Winkel von 45° vorgenommen werden, wobei die Knicke gut auszurunden sind; es ist auch eine Reinigungsöffnung anzubringen.

Für **Schornsteine** genügt eine Steinstärke von 13 cm oder ½ Stein; eine Verstärkung tritt dann ein, wenn einzelne Röhren sehr hoch frei stehen (4,5 m); die Wangendicke wird dann an 2 Seiten auf 1 Stein vermehrt. Es geschieht dies aus Rücksicht für die Stabilität, denn weite Rauchröhren bedürfen keiner Verstärkung, ebensowenig mehrere, zu einem Kasten vereinigte Röhren. Jeder Schornstein muss von unten auf fundamentirt sein, damit er beim Brennen der Balken nicht einstürzt. Nach gesetzlichen Bestimmungen dürfen deshalb auch keine Rauchröhren auf Holzträgern stehen, vielmehr ist die äusserste Kante desselben mindestens 10 cm von allem Holzwerk entfernt zu halten. (Die Entfernung der inneren Kante vom Holze beträgt 22 cm.)

Die Seitenöffnungen befinden sich unten im Keller, auf dem obersten Boden, sowie bei zweimal veränderter Richtung auch in der Mitte. Wenn mehrere Röhren auf dem obersten Boden in einen Aufsatz münden, so erhält nur der letztere eine Thür.

Die Reinigungsthüren liegen nie unter einer Treppe und müssen mindestens 1 m von allem Holzwerke entfernt sein. Das Vorpflaster ist auf jeder Seite 0,6 m länger als die Thürbreite und 0,6 m breit.

Der Mörtelbedarf beläuft sich bei freistehenden Schornsteinen für 1000 Stück Ziegel und

	zum inneren Verputz	zum äusseren Verputz
für grosse Feuerungen auf:	1 cbm	0,37 cbm
„ mittlere „ auf:	0,8 cbm	0,31 cbm
„ kleine „ auf:	0,7 cbm	0,22 cbm.

Feuerungsanlagen wie Schmiedefeuer, Backöfen, Braupfannen u. s. w. erfordern zum Vermauern von 1000 Stück Ziegeln und zum inneren und äusseren Verputz: für grosse Feuerungen: 1,1 cbm Mörtel, für mittlere Feuerungen 0,93 cbm Mörtel, für kleine Feuerungen 0,74 cbm Mörtel.

Der **Materialbedarf** ist nach **Menzel** für den **steigenden Meter**:

Befahrbare Rauchröhren		Freistehend auf zwei Seiten	drei Seiten	allen Seiten	Russische Rauchröhren		Freistehend auf zwei Seiten	drei Seiten	allen Seiten
Einfache Röhren	42 × 45 cm weit	52	78	120	Einfache Röhren	13 × 20 cm weit	32	47	65
Zweifache Röhren		104	130	190	Zweifache Röhren		58	78	104
Dreifache Röhren		156	182	286	Dreifache Röhren		78	104	143
Vierfache Röhren		208	234	351	Vierfache Röhren	13 × 21 cm weit	117	130	208

Die constructive Anordnung der Schornsteine richtet sich ebensowohl nach den angeführten Gesichtspunkten als auch nach der Grundrissanordnung, da das Schleifen oder Ziehen nach Möglichkeit vermieden werden soll. Alle Zungen werden 1/2 Stein stark gemacht. Hochkantig gestellte Ziegel sind nur bei Dunströhren zulässig.

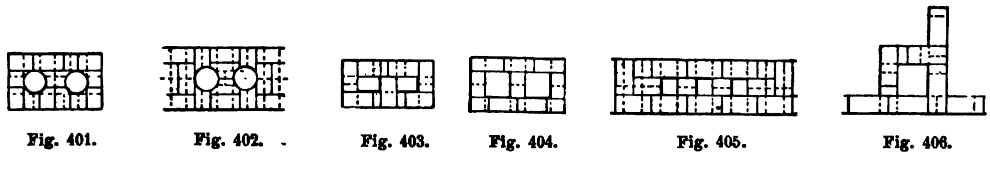


Fig. 401. Fig. 402. Fig. 403. Fig. 404. Fig. 405. Fig. 406.

Der Querschnitt der Rauchröhren ist gewöhnlich viereckig, doch macht man auch runde Schornsteine aus Formsteinen oder gewöhnlichen Ziegeln; letzteres zeigen Fig. 401—402.

Enge Rauchröhren werden durch Fig. 403—405 vorgeführt; der Querschnitt ist quadratisch oder rechteckig. Bei 1/2 Stein starken Mauern kann man den Schornstein in einer Ecke aufführen, wie dies Fig. 406 zeigt. Zwei Schornsteine, die gezogen sind, stellt Fig. 407 u. 408 dar; damit sie sich gegenseitig halten, sind sie in Spitzbogen gegeneinander gewölbt. Die Figuren lassen die Auswechselung der Balken *a* und der Sparren *b* erkennen. Hat der eine Schornsteinkasten eine Röhre weniger als der andere, so muss man die fehlende blind ziehen. Ragen die Schornsteine auf grosse Länge frei aus dem Dache, so ist auf ganz besonders gute Verankerung zu achten.

Fig. 407—408.

b. **Die Fabrikschornsteine** erfordern als selbstständige Bauwerke ganz besondere Aufmerksamkeit; hier sind alle die Untersuchungen anzustellen, die beim Beginn eines Bauwerkes ins Auge zu fassen sind, denn ein hoher Schornstein repräsentirt eine nicht unbedeutende Kapitalanlage.

Was nun zunächst die **Querschnittsform der Schornsteine** anbetrifft, so ist jedenfalls diejenige die beste, welche bei gleicher Querschnittsgrösse den abziehenden Gasen den geringsten Reibungswiderstand verursacht, ihnen also die kleinste Reibungsoberfläche darbietet, und welche den geringsten Materialaufwand erfordert. Diesen Bedingungen genügt aber der runde Querschnitt am besten und die beiden anderen in Betracht kommenden Querschnitte, der achteckige und viereckige sind umso weniger gut, je mehr sie sich von der Kreisform entfernen. Ausserdem ist aber noch darauf zu sehen, dass die Wärmeabgabe im Querschnitt möglichst klein wird, dass also der Zug durch denselben am wenigsten beeinträchtigt wird. In Rücksicht auf die Stabilität muss die dem Winde dargebotene Fläche ein Minimum und die Standfestigkeit nach allen Seiten möglichst die gleiche sein.

Alle diese Bedingungen erfüllt der runde Querschnitt am besten, dessen man sich deshalb gern bei grösseren Schornsteinen bedient.

Die Grössenverhältnisse der Schornsteine sind einestheils abhängig von der abzuführenden Gasmenge, anderentheils aber, und dies betrifft die Höhe, von der Umgebung (ob Hügel oder Berge vorhanden) und von der Art der abzuführenden Rauchgase. In Betreff der positiven Werthe giebt es ebenso zahlreiche Abweichungen wie rücksichtlich der Form des Längenschnittes. So wird von einigen die divergente Form als die zweckmässigste angesehen, und Ferrini sagt (Technologie der Wärme), dass diese Form die beste sei, so lange die Divergenz nicht zu einer beträchtlichen Abkühlung Veranlassung giebt. Reiche giebt in seinem Werke „Anlage und Betrieb der Dampfkessel" an: Man kann den Schornstein oben enger machen wie unten, gleichweit und oben weiter machen wie unten. Unter diesen drei Methoden wird nun offenbar diejenige die beste sein, welche erstens: den besten Zug liefert, zweitens: die geringsten Anlagekosten verursacht. Den besten Zug wird mit Rücksicht auf das oben besprochene Einfallen kalter Luft derjenige Schornstein liefern, dessen Gase mit der grössten Geschwindigkeit entweichen, und das ist ein konisch-convergenter Schornstein. Der gleichweite Schornstein ist hierin ebensogut, der divergente schlechter; in Bezug auf Reibungswiderstände ist der letztere der absolut günstigste.

Der billigste Schornstein wird derjenige sein, welcher die geringste Wandstärke erhält, die jedoch wieder von der Temperatur der abziehenden Gase abhängt.

Nach Redtenbacher wird, wenn F den Querschnitt in qm, H die Höhe in m bezeichnet, K die Kohlenmenge, h die Holzmenge ist, welche pr. Stunde verbrannt wird: $F_{qm} = \frac{K}{42\,H} = \frac{h}{84\sqrt{H}}$ qm.

Nach der „Hütte, des Ingenieurs Taschenbuch" findet man, wenn man folgende Beziehungen voraussetzt: t^0 Cels. die Temperatur der abziehenden Gase, $t_1{}^0$ diejenige der Atmosphäre, d der Durchmesser oder die Seite des Quadrates des Querschnittes in m, l der Gesammtweg vom Rost bis zum Schornstein in m, v die Geschwindigkeit der in den Rost in der Minute einströmenden Gase in m: Geschwindigkeit der abziehenden Gase $v_1 = 6{,}28\sqrt{\frac{(t - t_1)\,d\,.\,h}{4{,}08\,d + 0{,}016\,(h + l)}}$, woraus sich $h = \frac{4{,}08\,d + 0{,}016\,l}{40\,\frac{d\,(t - t_1)}{v_1{}^2} - 0{,}016}$ herausstellt.

Bei gemauerten Schornsteinen ist meist $t - t_1 = 285^0$, der Querschnitt der Mündung $= {}^3/_5$ der freien Rostfläche, woraus sich d bestimmt. Das Volumen der ausströmenden Luft ist im Mittel gleich $2\,{}^1/_4$ des eintretenden, also $v_1 = {}^5/_3\,.\,2\,{}^1/_4\,v = 3\,{}^3/_4\,v$; wenn $v = 60$ m pro Min., so ist $v_1 = 225$ m.

Dann wird $h = 16{,}3 + \frac{16{,}3 + l}{16\,d - 1}$ und $d = 0{,}2\sqrt{Q}$; Q = Anzahl der in der Minute zu verdampfenden Liter Wasser.

Reiche a. a. O. giebt an, den kleinsten Querschnitt eines Schornsteins gleich dem vierten Theile der Gesammt-Rostfläche, auf welcher Steinkohlen gebrannt werden und gleich dem sechsten Theile der Gesammtrostfläche, auf welcher Braunkohlen verbrannt werden, zu machen.

Die Höhe soll stets grösser als 16 m sein und (übereinstimmend mit Redtenbacher) gleich dem 25fachen des kleinsten Durchmessers. Also wenn D der Durchmesser, welcher dem kleinsten Querschnitt f entspricht und F die totale Rostfläche ist, so wird $f = \frac{F}{4}$ für Steinkohlen; $f = \frac{F}{6}$ für Braunkohlen; $H \begin{smallmatrix} \geq 16\text{ m} \\ > 25\,D. \end{smallmatrix}$

Das Material für die Schornsteine kann entweder Eisen- oder Mauerwerk sein, letzteres ist das gewöhnlichere.

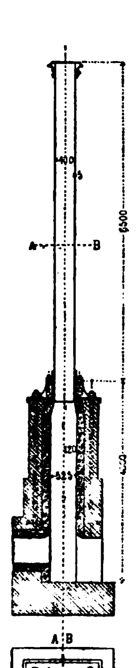


Fig. 409—410.

Schornsteine aus Eisenblech werden mit Vortheil verwendet, wenn die Anlage provisorisch ist, wenn die Bauzeit beschränkt oder wenn der Baugrund schlecht ist. Die Blechstärke wird unten 5—8 mm, oben 2—6 mm; erstere Zahlen gelten für Schornsteine bis 20 m und wird bei dieser Höhe der untere Querschnitt ${}^4/_3$ des oberen. Höhere Schornsteine haben nicht genügende, eigene Stabilität; man hält sie durch Spannketten. Fig. 409 und 410 veranschaulichen einen kleineren Blechschornstein; auf den Sockel ist die gusseiserne Platte A (Fig. 410) gelegt und mit vier tief hinabreichenden Ankern befestigt. Auf derselben erhebt sich ein röhrenartiger Ansatz, in den das untere Blechrohr hineingesteckt ist und auf einem Ansatze ruht. Um die Rohrlänge zu vergrössern, hat man noch einen Aufsatz B aufgeschraubt, den 6 Schrauben halten.

Die gemauerten Schornsteine werden meistens aus Ziegeln hergestellt; man giebt dem obersten Querschnitt eine Wandstärke von ${}^1/_2$ Stein bei einem Durchmesser $\leqq 1$ m und von 1 Stein $\geqq 2$ m. Diese Wandstärke wird nach unten alle 6—12 m um ${}^1/_2$ Stein oder alle 3—6 m um ${}^1/_4$ Stein verstärkt. Redtenbacher nimmt die untere Weite $d = \frac{H}{25}$, die obere Weite $= d - 0{,}013\,H$; die Mauerstärken (oben) $e_1 = 0{,}18$ m und (unten) $e = 0{,}18 + 0{,}015\,H$. Die Höhe der Betonmasse und der Quadern eines Schornsteinfundamentes ist 3,5 d, die Breite 5 d und der Neigungswinkel $= 60^0$.

Andere Angaben (nach der Baugewerks-Zeitung) sind folgende: Verhältniss der Sohle des Fundamentes in der kürzesten Ausdehnung zur ganzen Höhe: ${}^1/_8$—${}^1/_7$. — Breite des Postamentes in der kürzesten Ausdehnung zur Höhe über dem Terrain: ${}^1/_{10}$—${}^1/_{11}$. — Höhe des Postamentes zur Gesammthöhe: ${}^1/_5$—${}^1/_4$. — Dossirung des Hauptkörpers auf 1 m: 18 bis 20 mm. — Die Höhe der Etagen hängt vom lichten Durchmesser ab, und zwar sind für die nachstehenden Durchmesser die Höhen jedesmal für die erste Etage ermittelt worden:

Durchmesser	Höhe	Durchmesser	Höhe
0,60 m	10—12 m	1,50 m	28—29 m
0,80 m	11—16 m	1,75 m	32—33 m
1,00 m	18—20 m	2,00 m	35—36 m
1,25 m	24—25 m		

Die Belastung des Baugrundes soll 20000 kg pr. qm des gewachsenen Bodens nicht überschreiten; ist der Grund schlecht, so ist derselbe nach den hier üblichen Regeln zu befestigen. Die Belastung ergiebt sich aus dem Gewichte, vermehrt um die Windpressung, welcher das maximale Stabilitätsmoment widerstehen muss.

Einen Schornstein von 45 m Höhe bringen die nebenstehenden Fig. 411—416 zur Anschauung. Auf dem abgetreppten Fundamente erhebt sich der Sockel von viereckigem Querschnitt (A—A); die in Fig. 411 zu erkennende Oeffnung von 2 m Höhe ist die Mündung des Fuchses. Aus dem Längenschnitte ersieht man, dass der obere Theil von achteckigem Querschnitte mit einem Luftcanal gebaut ist, um einmal die Abkühlung mehr zu verhindern und um das Bauwerk bei grösster Stabilität möglichst leicht zu erhalten. Einen anderen runden, 50 m hohen Schornstein stellen Fig. 417—421 dar; derselbe ist mit einem 10 m hohem Sockel, dann 20 m hoch in 1½ Steinstärke und weitere 20 m in 2 Steinstärken aufgeführt. Im Schnitt EF ist die diagonale Zunge gezeichnet, welche die an gegenüberliegenden Seiten eintretenden Gasströme nach aufwärts leiten soll. Im unteren Theile ist der Schornstein mit einem Luftmantel versehen, wie Schnitt CD andeutet.

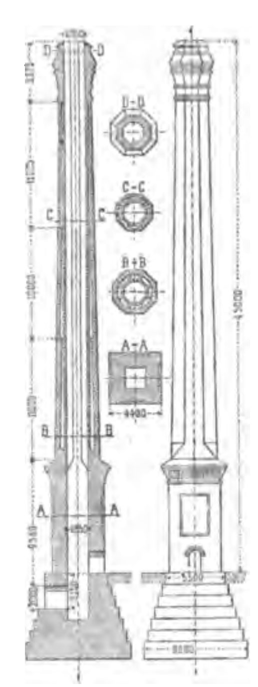


Fig. 411—416.

Ein vorzügliches Beispiel von Materialersparniss giebt der in Fig. 422—427 dargestellte achteckige Schornstein. Die Wandungen sind hohl und durch acht radial stehende Rippen von ½ Steinstärke verbunden, wie aus den Querschnitten ersichtlich. In verticalen Abständen von 5—8 m werden diese Rippen durch kleine Kappen verspannt, doch muss in jeder derselben eine Oeffnung von mindestens 12,5 × 12,5 cm ausgespart sein, um in den verschiedenen Etagen einen Ausgleich der Luft zu ermöglichen. Bis zu einer Höhe von 40 m ist im Schornstein ein leicht zu erneuerndes Futter eingesetzt, welches ½ Stein stark und um ebensoviel von der inneren Wandung entfernt ist, wodurch dieselben gegen die Einwirkung der Verbrennungsgase geschützt sind. In den äusseren Wandungen sind sehr gute und feste Steine nöthig, damit sie den Witterungseinflüssen widerstehen können.

Ein Schornstein obiger Construction hat sehr grosse Standfestigkeit, hält die Wärme gut zusammen und zieht deshalb besser als andere dünnwandige Schornsteine. — Der Luftraum zwischen Schornstein und Futter wird zur Ventilation von Kellerräumen benutzt.

Die Stabilität der Schornsteine richtet sich nur nach dem Gewicht des Mauerwerkes, auf die Bindekraft des Mörtels darf keine Rücksicht genommen werden. Der Druck des Windes ist diejenige Kraft, welche die schlanke Pyramide umkanten will. Weisbach giebt für unsere Gegend den Winddruck $p = 127$ kg pr. qm und Rankine für Glasgow zu $p = 269$ kg an. Alsdann drückt der Wind auf das quadratische Prisma mit $P = pF$ kg

„ „ sechseckige „ „ $P = 0{,}75\,pF$ kg

„ „ achteckige „ „ $P = 0{,}65\,pF$ kg

„ den Kreiscylinder „ $P = 0{,}5\,pF$ kg

Es bedeutet F die Flächenprojection; wenn nun R in einem beliebigen Querschnitt den äusseren Halbmesser, G das Gewicht der über diesem befindlichen Mauermasse und s den Abstand des Schwerpunktes der vom Winde getroffenen Fläche von dem erwähnten Querschnitt bezeichnet, so ist $Ps = GR$.

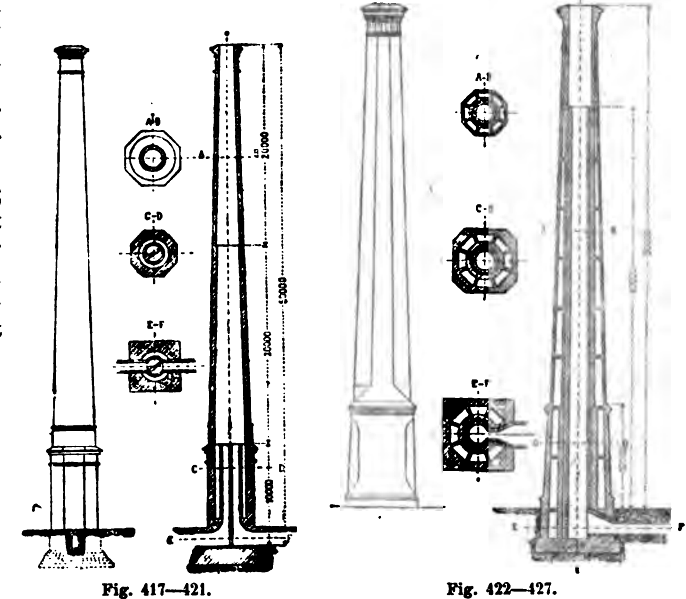
Alsdann ergiebt sich

für das quadratische Prisma $p = \frac{GR}{Fs}$ kg

„ „ sechseckige „ $p = \frac{GR}{0{,}75\,Fs}$

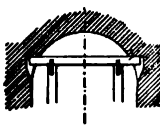
„ „ achteckige „ $p = \frac{GR}{0{,}65\,Fs}$

„ den Kreiscylinder $p = \frac{GR}{0{,}5\,Fs}$


Fig. 417—421. Fig. 422—427.

Es muss sich nun für den schwächsten Querschnitt $p \geqq 300$ kg pr. qm herausstellen; alsdann kann man die Stabilität für genügend erachten.

Das Mauern der Fabrikschornsteine erfordert eine Menge practischer Handgriffe, von denen die wichtigsten hier aufgezählt sind. Zunächst werden kleinere Schornsteine bis 18 m etwa von einem Gerüste aus gemauert, bei grösserer Höhe ist dagegen auch die lichte Weite so gross geworden, dass die Maurer „über den Rand“ arbeiten können. Um nun ein möglichst gleichmässiges Mauern zu erzielen, hat man die Arbeiter jeden Tag die Plätze wechseln zu lassen, um ein ungleiches Auftragen des Mörtels zu verhüten. Ferner hat man darauf zu achten, dass beim Aufwinden der Materialien nicht immer dieselbe Stelle getroffen wird, sondern dass der Druck auf den Umfang vertheilt wird.


Fig. 428.

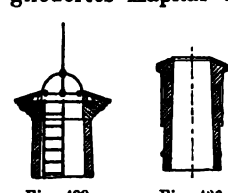
Um den Schornstein besteigen zu können, legt man Steigeisen ein, die dann auch dem Gerüste als Auflager dienen. Häufig steckt man hinter dieselben auch den Balken eines Krahnes, den man mit Keilen festhält. Man hat auch wohl, wie Fig. 429 andeutet, eine Leiter in den Schornstein hoch geführt. Dieser Schornsteinkopf ist von dem Schornstein der Tabaks-Manufactur in Marseille entlehnt.

Einfacher ist das Mauern mittelst Riegeln aus Holz, auf denen die Bohlen liegen. Fig. 428 zeigt, wie die Form der Aussparungen im Mauerwerk beschaffen ist. Diese Rüstlöcher werden in 1,5 m Entfernung angebracht.

Eine sehr einfache Methode zur **Berechnung der Kosten** der Fabrikschornsteine ist nach d. Zeitschr. f. Bauhandwerker folgende: Der Preis in Mark wird gefunden, wenn man die Höhe in Metern multiplicirt mit der lichten (mittleren) Weite in Centimetern und dann mit 1,25 M. Der Einheitssatz entspricht berliner Verhältnissen, man kann ihn jedoch nach dem jedesmaligen Orte leicht modificiren. Nach unserer Quelle soll die Berechnung sehr genau sein und einem speciellen Anschlag vollkommen gleichkommen.

c. **Schornsteinköpfe und Schornsteinkappen.** Obgleich es den Anschein hat, als wenn man den obersten Theil der Schornsteine willkürlich construiren könne und nur dem Rauche einen Ausweg zu lassen brauche, so spielt doch der Wind eine wesentliche Rolle beim Zuge der Kamine.

Sehr häufig findet man bei Fabrikschornsteinen den Kopf als weit ausladendes, vielfach gegliedertes Kapitäl ausgeführt, was von der irrigen Auffassung herrührt, dass man den Schornstein mit einer Säule vergleicht. Diese Annahme ist aber nicht richtig; man hat es hier mit einem selbstständigen Bauwerk zu thun und ist dem Schornstein der Charakter des Kühn-Aufstrebenden zu geben, weshalb man denselben häufig mit einer Spitze krönt, die dann zugleich dem practischen Zwecke als Blitzableiter dient, wie Fig. 429 zeigt. Ein weit wichtigerer Grund ist aber der, dass ein zackiger Aufsatz den Wind fängt und ihn in wirbelnde Bewegung versetzt, sodass er in den Schornstein schlägt; der Zug wird also verschlechtert. Ist dagegen kein Kranz vorhanden, so wird der Wind nicht allein seitwärts, sondern auch nach oben und unten abgelenkt; der aufwärts gelenkte Wind befördert den Zug, indem er den Rauch mit sich reisst. Die in Fig. 429 abgebildete Construction dürfte so ungefähr die Grenze der Ausladung bilden; die abdeckende Platte ist von Kupfer.


Fig. 429. Fig. 430.

Zweckmässig und wohlfeil ist der Kopf Fig. 430. Der etwas gegliederte Schaft ist oben abgeschrägt und mit einer Gusseisenplatte abgedeckt; in letzterer ist der Blitzableiter gut zu befestigen.

Den Köpfen der Rauchröhren ist grosse Aufmerksamkeit zugewendet, um sie mit Vorrichtungen zu versehen, die das Rauchen derselben verhindern. Die Fabrikschornsteine, durch deren bedeutende Höhe heftiger Zug erzeugt wird, sind auch nicht den wirbelnden und abgelenkten Winden ausgesetzt, wie die Rauchröhren in Gebäuden. Sind letztere niedriger als der Dachfirst, so tritt meistens ein durch den Wind erzeugtes Einrauchen ein, daher haben wir auch angegeben, dass sie $1/3$—$2/3$ m über den Dachfirst hervorragen sollen. Eine nachträglich aufgesetzte Blech- oder Thonröhre leistet nicht immer den gewünschten Dienst, da die Luft in derselben durch die dünne Wandung stark abgekühlt wird und beim Anheizen herabsinkt. Sehr häufig tritt dieser Fall auch bei gemauerten Kaminen ein und ist zumeist eine Folge von Regen. Man findet daher häufig auf der Rauchröhre eine auf vier Steinen ruhende Schieferplatte liegen oder man setzt zwei flache Dachsteine schräg gegeneinander.

Man hat nun auch eine ganze Reihe Schornsteinköpfe construirt, die nicht allein gegen Rauchen schützen, sondern auch noch jeden Wind zur Zugbeförderung benutzen sollen.

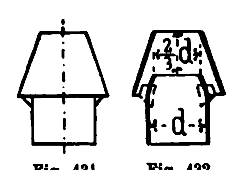


Fig. 431. Fig. 432.

1. Der Schornstein-Aufsatz von Noeggerath, Fig. 431—432, besteht aus einem abgestumpften Kegelmantel (Winkel von 75°), auf der bis auf $2/3$ des Durchmessers zusammengezogenen Schornsteinöffnung angebracht, sodass die Ringfläche etwa $\frac{d^2\pi}{9}$ ist. Der in das Rohr eintretende Wind wird abgelenkt und nach oben geführt.

2. Den vom Architecten Dorn für das berliner Rathhaus entworfenen Schornsteinkopf zeigen Fig. 433 u. 434. Zwischen den vier diagonalen Scheidewänden *a* sind die unter 30° geneigten Bleche *b* befestigt; das Blech *c* schliesst sich tangential an das viereckige Rohr *e*. Die Platte *f* dient zum Abdecken des Kopfes.

3. Der Deflector von **Windhausen & Büsing** (ausgeführt von der Tangerhütte bei Magdeburg) wird durch Fig. 435—436 dargestellt. Am Rohr *a* sitzt das tangential sich anschliessende Blech *b*; dieses trägt den Kegelmantel *c*, und in der Verbindung zwischen *b* und *c* sind die Oeffnungen *e*, deren Querschnitt das Doppelte des Schornsteinquerschnittes beträgt. Die Bleche *ff* schliessen das Ganze ab und der Kegel *g* verhindert das Eindringen von Regen, welcher durch das Röhrchen abtropft.

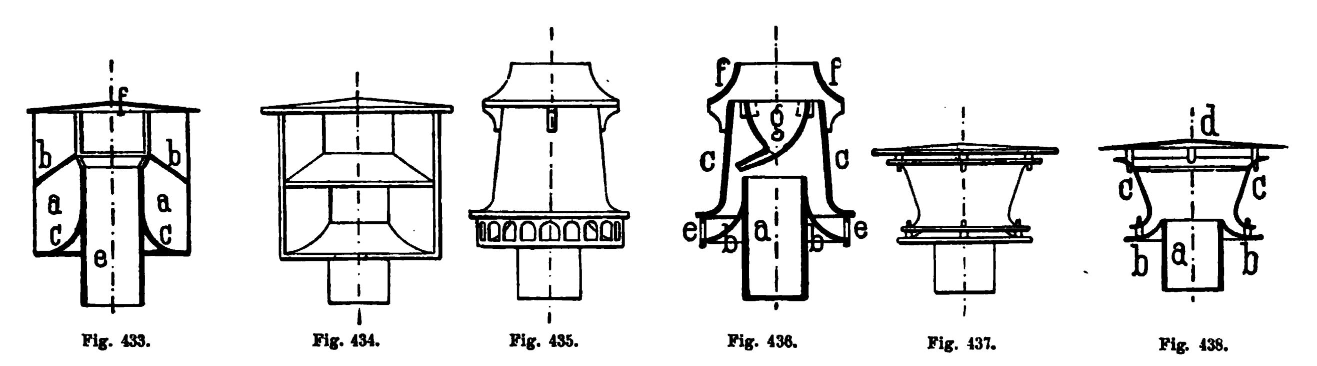


Fig. 433. Fig. 434. Fig. 435. Fig. 436. Fig. 437. Fig. 438.

4. Der **Wolpert**'sche Schornsteinkopf, durch Fig. 437 u. 438 in der alten, durch Fig. 439 u. 440 in der neueren Construction dargestellt, besteht aus dem Rohr *a*, an dem das Blech *b* sitzt; auf diesen ist der konische Mantel *c* befestigt; abgedeckt ist der Apparat durch die Platte *d*. Der Querschnitt der Ringfläche ist gleich derjenigen der Rauchröhre. Die Wirksamkeit des Kopfes beruht darauf, dass man die Ableitung des Windes in einer zugbefördernden Weise bewirkt hat.

Die bislang betrachteten Aufsätze waren alle fest; man hat jedoch auch **drehbare Schornsteinköpfe**. So werden von **Howorth** Constructionen auf den Markt gebracht, deren Obertheil eine Art Windturbine darstellt, die durch jeden Wind bewegt wird; unten sitzt eine Schraubenfläche, die das Ansaugen des Rauches besorgen soll, der ja bekanntlich in kreiselnder Bewegung austritt.

Der Aspirateur von **Nouhalier** gehört in dieselbe Klasse von Schornsteinköpfen; Fig. 441 stellt denselben dar. Der Wind muss dèn durch die Pfeile angedeuteten Weg machen und gelangt in die Haube *a*, die um den Bolzen *b* drehbar ist; die Windfahne stellt dieselbe immer so ein, dass die Oeffnung nie den Wind einfangen kann.

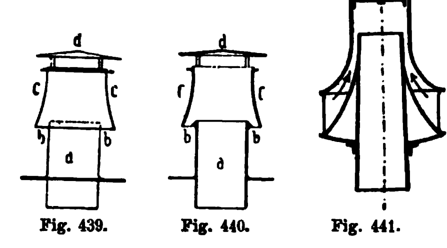


Fig. 439. Fig. 440. Fig. 441.

Alle **Schornsteinaufsätze**, deren Wirksamkeit auf der Drehbarkeit des oberen Theiles beruht, leiden insofern an einem Mangel, als es nicht leicht sein wird, einem Festrosten dieses Theiles entgegenzutreten.

2. Gas- oder Generator-Feuerungen.

1. Siemens Regenerativ-Feuerung.

Als ein für viele Industriezweige hochwichtiger Fortschritt ist die Verbesserung zu bezeichnen, welche an den Generatorgasfeuerungen im Laufe der letzten Jahre gemacht sind. Neben vielen anderen sind es hauptsächlich die Gebrüder **Siemens**, die hier in erfolgreicher Weise gewirkt haben.

Das Wesen der Generatorgasfeuerung lässt sich unter Zuhülfenahme der Fig. 442 folgendermaassen erklären: Das gasförmige Brennmaterial wird durch die gegenseitige Einwirkung von Kohle, Luft und Wasser bei mässiger Rothgluthhitze erhalten. In einer aus feuerfesten Steinen aufgeführten Kammer, die etwa 2 m breit, 4 m lang und 3 m hoch ist, fällt die eine Wand *B* unter einem Winkel von 45—60° ab und ist unten mit einem Roste C_1 versehen, durch den ein bestimmtes Quantum Luft eindringt und mit deren Hilfe ein Theil des durch den Trichter *A* aufgeschütteten Brennmateriales zu Kohlensäure verbrennt. Dieselbe muss jedoch durch eine dicke Lage glühender Kohlen streichen, wird infolge dessen zu Kohlenoxyd reducirt, während der überschüssige Theil der Hitze ebensowohl den oben liegenden Brennstoff einer trockenen Destillation unterzieht, wodurch die Kohlenwasserstoffgase frei werden, als er auch zur Verdampfung des unten aus der Röhre *E* in den Aschenfall strömenden Wassers dient, dessen Menge auch genau bestimmt ist. Indem dieser Wasserdampf durch die glühenden Kohlen streicht, zersetzt er sich und bildet einestheils stickstofffreies Kohlenoxyd, andererseits brennbaren Wasserstoff. Die genannten Gase

mischen sich und steigen dann durch die Ziegelesse H empor, gehen durch das horizontale Kühlrohr J und werden hier durch Abkühlung mit einem gewissen Druck in den Ofen befördert.

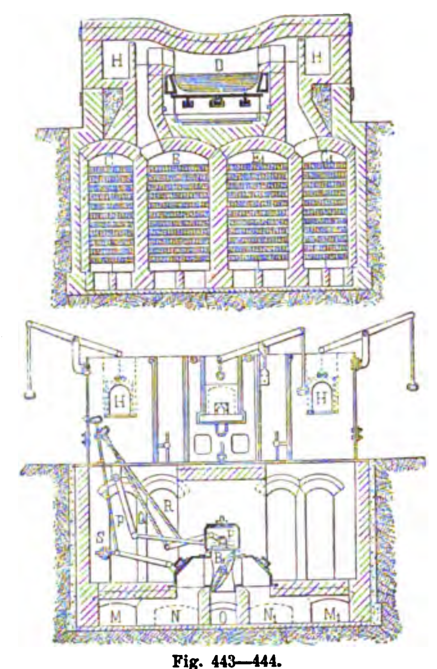


Fig. 443—444.

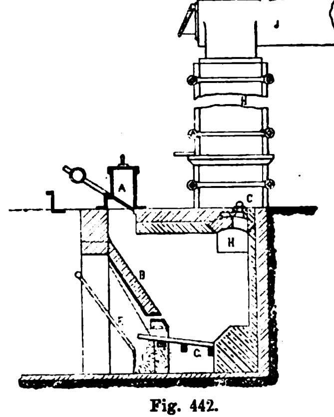


Fig. 442.

Der Ofen besteht aus den Regeneratoren, den Wechselklappen und der Heizkammer. Die ersteren sind, wie aus Fig. 442 u. 444 zu ersehen ist, 4 Kammern $C_1 E$, in denen feuerfeste Ziegel derart eingestellt sind, dass Luft oder Gase durchpassiren können. Durch die Circulation des heissen Gases werden diese Steine erwärmt und geben ihrerseits wieder Wärme an hindurchstreichende Luft ab. Durch Wechselklappen $B B$ Fig. 444 sind die Regeneratoren paarweise verbunden, sodass ein Paar derselben mit dem Gaserzeuger bez. der Atmosphäre in Verbindung steht und dem Ofen Gas und Luft zuführt, während das andere Paar die Verbrennungsproducte aufnimmt und in den Schornstein entweichen lässt. Die Wechselklappen, welche durch die Stangen und Hebel $SPQR$ bezeichnet sind, haben ähnliche Einrichtung wie Vierweghähne, sodass durch Umstellen der Klappen die einlassenden Regeneratoren zu Ausgangsregeneratoren werden und umgekehrt. Ueber den Regeneratoren ist der Verbrennungsraum D angebracht und von ihm führen Füchse zu beiden Paaren der Regeneratoren, während M und N Kanäle sind, welche die Leitung des Gases nach O bewirken. Hat sich der Ofen in hohem Grade erhitzt, so tritt aus der Atmosphäre Luft in den Luftregenerator, Gas in den Gasregenerator; diese werden beim Passiren durch die Oeffnungen zwischen den Steinen erwärmt und strömen im Ofen zusammen. Auf diese Weise wird die Wärme, welche die Ziegel abgeben, zu derjenigen, welche die Verbrennung erzeugt hinzugefügt, und die Verbrennungsproducte entweichen durch die Ausgangsregeneratoren, welche auf diese Weise auf einen sehr hohen Temperaturgrad erwärmt werden.

Nach Ablauf einer gewissen Zeit, gewöhnlich einer halben Stunde, wird die Strömung mittelst der Wechselklappen umgekehrt und es werden die Auslassregeneratoren zu einlassenden und dienen auf diese Weise die zwei Regeneratorpaare abwechselnd zum Erwärmen der Verbrennungsluft und zum Abkühlen der abziehenden Verbrennungsproducte.

Die Vortheile der Regenerativfeuerung bestehen zunächst in der grossen Brennmaterialersparniss, da man nicht allein weniger, sondern auch jeden sonst kaum verwendbaren Brennstoff benutzen und mit demselben jeden gewünschten Hitzegrad erzielen kann. Ausserdem kann man die Flamme in ihrer chemischen Zusammensetzung reguliren, sie also mit Leichtigkeit oxydirend oder reducirend wirken lassen.

Nicht zu unterschätzen ist ferner die grosse Reinlichkeit in den Arbeitsräumen wegen der gänzlichen Abwesenheit von Russ und Asche, welches für Glas-, Porcellanfabrikation u. s. w. von grösster Wichtigkeit ist.

2. Die Regenerativfeuerung von Pütsch.

Da die Siemens'schen Regenerativ-Feuerungen sich nur für den Grossbetrieb eignen, so befassten sich verschiedene Techniker damit, die Feuerung für das Kleingewerbe einzurichten. So eignet sich der nachstehende Pütsch'sche Ofen zur Feuerung für Abdampfpfannen, Tiegelöfen, Frittenöfen etc. Wie Fig. 445 und 446 erkennen lassen, werden die Brenngase in dem dicht an den Ofen gebauten Generator A erzeugt und treten dann sofort in die Feuerbrücke B; hier treffen sie mit der aus dem Spalt a ausströmenden warmen Luft zusammen, entzünden sich und streichen dann über den Herd C, worauf die abziehenden Gase durch den Spalt b nach der Steuerkammer D ziehen. Diese enthält zwei Oeffnungen, d und d_1, welche zu den Regeneratoren E und E_1 führen und abwechselnd durch einen aus feuerfestem Material hergestellten Schieber geöffnet oder geschlossen werden können. Wie Fig. 446 zeigt, ziehen die Gase bei der gezeichneten Stellung des Schiebers durch d_1, den Generator E_1 und geben ihre Wärme an die im Regenerator gitterförmig aufgestellten Steine ab, worauf sie durch den Canal C_1 bei der aus dem Grundriss ersichtlichen Stellung der Luftklappe F in den Schornsteincanal e gelangen. Inzwischen tritt Luft durch das mit einem Regulirschieber versehene Luftloch auf die andere Seite der Luftklappe F und von dort in den Canal c_2, durchstreicht den durch den vorherigen Betrieb bedeutend erhitzten Regenerator E_2 und verlässt denselben stark

erwärmt durch die Oeffnungen g, welche zu einer zweiten Steuerkammer G führen; letztere ist der schon beschriebenen analog angelegt. Je nach der Stellung ihres Schiebers correspondirt sie abwechselnd mit den Regeneratoren E_1 und E_2 durch die Oeffnungen g und g_1. Aus der Steuerkammer G tritt dann die heisse Luft in den zur Feuerbrücke B führenden Canal a. Nach einer gewissen Zeit wird die Stellung der beiden Schieber sowie der Luftklappe gewechselt. Der Weg der Feuergase geht dann durch die jetzt freiliegende Oeffnung d_2 nach dem abgekühlten Regenerator E_2 und hierauf durch den Canal c_2 nach dem Schornsteincanal e; die durch das Luftloch einziehende atmosphärische Luft tritt durch den Canal c_1 in den heissen Regenerator E_1 und von dort durch g_1 in die Steuerkammer G. Für beide Fälle der Schieber und Luftklappenstellung ist die Zugrichtung nur in den Regeneratoren und den Canälen bis zur Luftklappe eine verschiedene, im Ofen selbst bleibt sie unverändert.

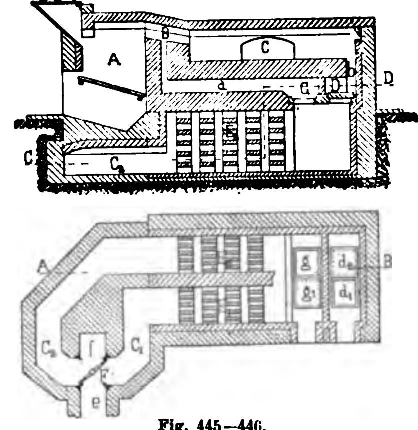


Fig. 445—446.

3. Die Gasfeuerung von Haupt.

Diese Feuerung, über welche die günstigsten Resultate als rauchlose Dampfkesselfeuerung vorliegen, wird durch Fig. 447—448 vorgeführt. Mit G ist darin der Generator bezeichnet, welcher ganz mit Kohlen gefüllt wird, welche auf dem in etwa 60 cm Entfernung durch ein Gewölbe überspannten Planroste a liegen. Im Scheitel des Gewölbes G ist ein Längsschlitz angebracht, dessen Seiten durch Querzungen versteift werden, welche eine Reihe Chamotteplatten überdecken. Zu beiden Seiten liegen auf Zungen gleichfalls feuerfeste Platten, welche zwischen sich und jener Mittelreihe ganz schmale, über die ganze Länge des Generatorgewölbes reichende Längsspalten für den Austritt der gebildeten Flamme freilassen.

Das im Generator gebildete Gas tritt durch die Scheitelöffnungen des Gewölbes, wird durch die Chamotteplatten horizontal nach links und rechts abgelenkt und in zwei dünnen Schichten mit der in den Regeneratorröhren erwärmten Luft zum gegenseitigen Vermischen und Verbrennen zusammengeführt.

Nach der „Zeitschrift des Verbandes der Dampfkesselüberwachungsvereine" hat diese Anlage die besten Resultate geliefert; die Vergasung der verschiedensten Brennmaterialien bot keinerlei Schwierigkeiten und die Heizer machten sich leicht mit der Feuerung vertraut.

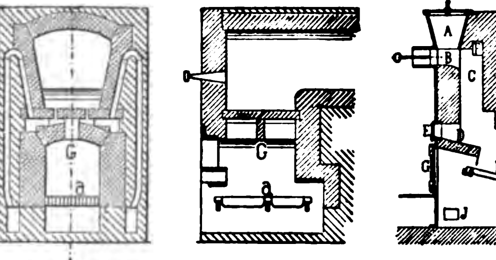


Fig. 447—448. Fig. 449.

4. Die Steinkohlenfeuerung von Daelen-Freudenthal.

Diese Anordnung ist theilweise ein Generator, theilweise ein gewöhnlicher Rost, welche Combination durch Fig. 449 im Princip vorgeführt wird. Die Beschickung dieser Rostanlage erfolgt durch den Trichter A; mittelst des Schiebers B wird das Brennmaterial dann in den Schacht C geschoben, woselbst es durch das Gewölbe D gehalten wird. Bei dem geringen Luftzutritt durch G und den Schieber E findet eine Vercoakung und eine Vergasung statt. Das glühende Brennmaterial wird nun mittelst einer Krücke auf den Rost H geschoben, wo es den gewöhnlichen Verbrennungsprocess durchmacht. Die Gase müssen durch die hier entwickelten Flammen streichen, werden verbrannt und entweichen als Verbrennungsproducte durch den Schacht K.

III. Heizung und Lüftung.

A. Heizung.

1. Ermittelung des Wärmebedarfes.

Als **Normaltemperaturen*** in geschlossenen Räumen kann man annehmen: für Wohnräume 15° bis 20°; für Versammlungssäle, Schulen 12—15°; für Werkstätten 10—12°. Nach Versuchen von Hirn

* Anmerkung. Zur Bezeichnung der Temperaturen sind die Grade des hunderttheiligen, Celsius'schen Thermometers gewählt; Calorie ist zu „C" abgekürzt.

entwickelt ein Individuum durchschnittlich 130 C in der Stunde. Die Beleuchtung producirt die folgende Zahl von Calorien (C): 1. Stearinkerzen; ist n die Zahl derselben, von denen jede 11 g in der Stunde consumirt, so ist 108 n die Zahl der Calorien. 2. Gasflammen; wird 120 l Gas in der Stunde consumirt, so erzeugen diese 919 C.

Die **Wärmecapacität** der Luft verhält sich zu der des Wassers wie 0,237 : 1. Da nun das specifische Gewicht der Luft 0,0013, so ist zur Erhöhung von 1 cbm Luft um 1^0 eine Wärmemenge von 0,3 C. nöthig. Die Temperaturdifferenz beträgt etwa -20^0 und $+20^0$, sodass für 1 cbm Luft 12,4 C. zur Erzeugung dieser Temperaturerhöhung in Rechnung zu bringen sind.

Die Wärmemenge W ist, wenn V das Quantum, das durch Wände, Fenster und Decken verloren geht, L die für die Erwärmung der Ventilationsluft nöthige Wärmemenge und K die durch Körperwärme an die Umgebung gelieferte Anzahl der Calorien bedeutet, $W = V + L - K$.

Die Summe der Wärmeverluste kann man nach folgenden Angaben von Meyer (Zeitschrift d. V. deutscher Ingenieure. 1872) berechnen; bei einem Grade Temperaturdifferenz für 1 qm Fläche beträgt die stündliche Abkühlung (in C) für einen geheizten Raum:

Bei Mauern 1 Stein stark . .	1,66 C.	Gewöhnliche Zimmerthüren . .	1,30 C.
„ „ 1½ „ „ . .	1,42 „	Einfache Fenster	2,44 „
„ „ 2 „ „ . .	1,12 „	Doppelfenster	1,86 „
„ „ 2½ „ „ . .	0,87 „	Kalte Decke	0,54 „
„ „ 3 „ „ . .	0,78 „	Kalter Fussboden	0,39 „
„ „ 3½ „ „ . .	0,68 „		

Diese Angaben beziehen sich auf mittlere Verhältnisse, wie denn auch in diesem Falle eine mittlere Wintertemperatur in Rechnung zu bringen ist.

Bei der Berechnung von L hat man die grösstmöglichste Temperaturdifferenz zu Grunde zu legen; aus demselben Grunde, um sicher zu gehen, sind bei der Berechnung der durch Temperaturdifferenzen zu erzielenden Luftgeschwindigkeit sehr kleine Temperaturdifferenzen anzunehmen. Um L zu berechnen, hat man die grösste Zahl der in dem Raume sich aufhaltenden (N) Personen zu bestimmen; und für jede die aus der Tabelle für den Luftbedarf (vergl. Lüftung) zu entnehmende Luftmenge Q mit 40^0 Temperaturdifferenz in Rechnung zu bringen. 1 cbm Luft wiegt 1,3 kg und 0,24 ist die specifische Wärme der Luft, dann wird $L = (N . Q . 1,30, 2,3 . 40)$ C stündlich; $L = N . Q . 12,5$ C. K ist, wie bereits angeführt, für eine Person = 130 C.*

2. Localheizung.

1. Heizung durch Kamine.

Die **Kamine** sind die einfachsten aller Feuerungen und bestehen die älteren Arten meistens in einer Höhlung der Zimmermauer, die mit der nöthigen Sicherung gegen Feuersgefahr umgeben und mit einem Rauchrohre versehen ist. Ein grosser Vortheil der Kamine liegt in der gründlichen Lüftung, die sie herbeiführen, wodurch allerdings häufig im Zimmer ein höchst unangenehmer Zug bemerkbar wird. Ein weiterer Nachtheil besteht in dem geringen Nutzeffect von höchstens 15%, denn sämmtliche Verbrennungsproducte gelangen so schnell in den Schornstein, dass nur die strahlende Wärme nutzbar gemacht wird, welche aber mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt. Aus diesen Gründen hat man die sonst für Lüftung so treffliche Anlage zu verbessern gesucht.

Fig. 450. Fig. 451.

Einen verbesserten Kamin zeigt Fig. 450; an Stelle der Wärmekammer ist ein System von 9—10 verticalen Röhren angebracht, welche von einem oblongen, gusseisernen, unterhalb des Rostes befindlichen Kasten a aufsteigen und oben in b ausmünden. Der letztere ist an beiden Seiten des Kamines durch verstellbare Rosetten abgeschlossen, durch welche der Luftzutritt regulirt wird. In dem Kamin ist mit Vortheil langflammiges Brennmaterial, also Holz zu verwenden. Die kalte Luft nimmt den durch die Pfeile angedeuteten Weg.

Der Kamin von Galton, durch Fig. 451 veranschaulicht, reicht aus für Zimmer bis zu 300 cbm Inhalt und genügt für das Austauschen von 1200 bis 1500 cbm Luft in der Stunde. Der offene Feuerherd ist mit Chamotte ausgefüttert und geht nach oben in ein gusseisernes Rauchrohr über, welches zur Erwärmung einer quadratisch geformten Luftkammer dient. Das eiserne Rohr, welches die Verbrennungsproducte ableitet, ist bis zum Fussboden des Zimmers verlängert und dort in das Rauchrohr eingeführt. Die kalte Luft erwärmt sich am Rohre r und strömt durch das stellbare Register ins Zimmer.

---

* Anleitung und Angaben zu einer genaueren Berechnung findet man in Redtenbacher's „Resultaten", dem Werk: „Technologie der Wärme" u. s. w. von Ferrini-Schröter, Jena, H. Costenoble, 1878, den Werken von Schinz u. a. m.

2. Heizung durch Oefen.

Durch Oefen erzielt man einen weit besseren Nutzeffect als durch Kamine; man erreicht je nach der Construction ein Güteverhältniss von 70—90%.

Die Grösse des Ofens ermittelt man nach Redtenbacher, wenn F die Oberfläche, W die Wärmemenge, welche zur Beheizung des Raumes nothwendig ist, zu:

$F = \frac{W}{1600}$ für Oefen aus Gusseisen

$F = \frac{W}{4000}$ „ „ „ gebrannter Erde

$F = \frac{W}{1500}$ „ „ „ Eisenblech

Hat das Rauchrohr F_1 qm Fläche, so ist F nur zu setzen:

$F = \frac{W - 1500\,F_1}{1600}$ für Gusseisenöfen

$F = \frac{W - 1500\,F_1}{4000}$ für Oefen aus gebrannter Erde

Für Ueberschlagsrechnungen wendet man die Werthe an: 1 qm eines Gusseisenofens genügt für 150 cbm und bei Kachelöfen erwärmt nach Triest in 1—2 Stunden:

1 qm 15—18 cbm Raum eines einfenstrigen Zimmers	1 qm 31 cbm Raum eines kleinen Saales
1 „ 22—25 „ „ „ zweifenstrigen „	1 „ 46 „ „ „ grossen „

Der Ofenumfang ist: $^1/_7$ Umfang eines grossen und $^1/_9$ Umfang eines kleinen Zimmers.

Oefen sollen nur gegen massive Wände in mindestens 10 cm Entfernung gestellt werden und von allem Holzwerk 0,63 m entfernt bleiben, also auch um dieses Mass von den Windeldecken und Deckenbalken abstehen. Holzwände, welche näher liegen, sind mit $^1/_2$ Stein zu verblenden.

3. Die Construction der Oefen.

a. **Der Ofen von Culmann** ist ein Füllofen und besonders wegen der Zugwechselvorrichtung bemerkenswerth. Der Postamentofen Fig. 452 ist mit einer Stellung der Klappe mit Zugwechsel nach unten gezeichnet; auf diese Weise werden die Heizgase, da der Aschenfall gut und luftdicht schliesst, gezwungen, durch den glühenden Kohlenstoff zu streichen, wo sie verbrannt werden. Beim Anfachen des Feuers wird die Zugrichtung nach oben von Vortheil sein, da die Luft nicht so grossen Widerstand findet. Man stellt die Klappe dann in die punktirt angedeutete Stellung. Zum Beschicken dient die oberhalb des Treppenrostes angebrachte Klappe. Für Brennmaterial, welches eine grössere Luftmenge zum Verbrennen bedarf, dient die Construction Fig. 453, bei der in der Zeichnung die Zugrichtung nach oben angedeutet ist. Beim Wechsel der letzteren und gleichzeitigen Schluss des Aschenfalles streicht die Luft von oben her durch das Brennmaterial und zwingt die Heizgase, denselben Weg zu machen, wobei eine vollkommene Verbrennung stattfindet.

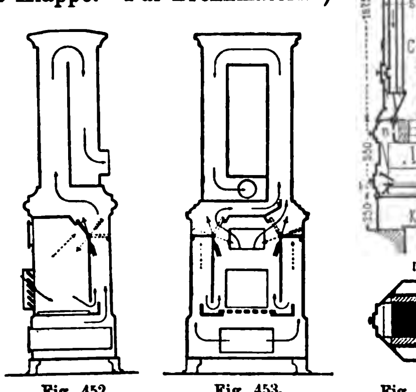


Fig. 452. Fig. 453. Fig. 454.

b. **Das Lüneburger Eisenwerk** führt den durch Fig. 454 dargestellten Ofen von Cordes aus, welcher mit Vorrichtung zur Luftcirculation versehen ist. Nachdem auf dem Roste das Brennmaterial unter Luftzutritt durch die Löcher l und n verbrannt ist, steigt der Rauch im Cylinder C auf, zieht durch die Löcher O nach abwärts in den mittleren der drei Kreisringe und entweicht durch S in den Schornstein. Der Zutritt der frischen Luft wird durch die Klappe K regulirt; die Circulation erfolgt im äussersten und in dem zunächst an C gelegenen Kreisringcylinder.

c. **Der Füllofen** von Blacizeck ist ein Schachtofen, dessen Füllung, wie Fig. 455 erkennen lässt, durch den Cylinder B erfolgt. Das Brennmaterial fällt sodann in einen von verticalen Roststäben gebildeten Raum, der unten durch einen verschiebbaren Planrost abgeschlossen wird. Der Luftzutritt erfolgt durch den Aschenfall A, mittelst dessen Klappe die Regulirung genau vorzunehmen wird, da der Korbrost von einem Gusseisen-Cylinder dicht umschlossen ist. Die doppelte Luftzuführung hat den Zweck, die Heizgase möglichst zu verbrennen und das Kohlenoxyd nochmals durch die glühenden Kohlen streichen zu lassen, um Kohlensäure zu erhalten, die durch das Rauchrohr S abgeführt wird.

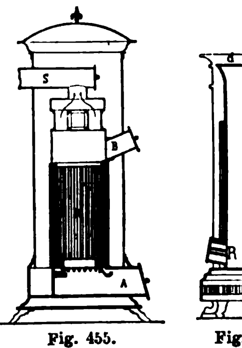
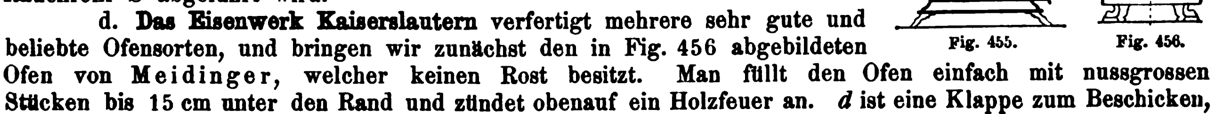


Fig. 455. Fig. 456.

d. **Das Eisenwerk Kaiserslautern** verfertigt mehrere sehr gute und beliebte Ofensorten, und bringen wir zunächst den in Fig. 456 abgebildeten Ofen von Meidinger, welcher keinen Rost besitzt. Man füllt den Ofen einfach mit nussgrossen Stücken bis 15 cm unter den Rand und zündet obenauf ein Holzfeuer an. d ist eine Klappe zum Beschicken,



r eine Rippe, die den Zug zum Rauchrohr *s* befördert. Die Ofenklappe ist luftdicht aufgeschliffen und gestattet eine genaue Regulirung des Luftzutrittes. Die in der Oeffnung *R* angedeutete Nuth dient zum Einschieben einer Ofengabel zur Entfernung der Asche. Der eigentliche, gusseiserne Heizkörper ist nochmals von einem Blechmantel umgeben, sodass zwischen beiden eine lebhafte Luftcirculation stattfindet. Von demselben Eisenwerk werden die Schachtöfen von Käuffer in Eutritzsch-Leipzig ausgeführt.

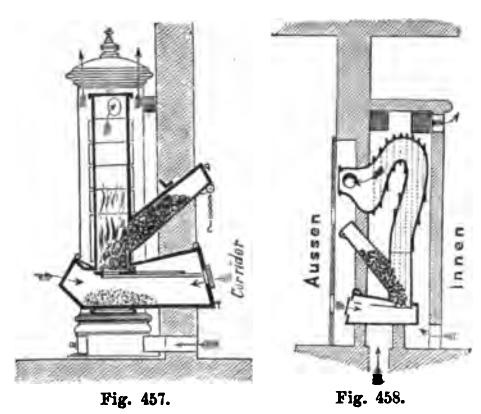


Fig. 457. Fig. 458.

Einen solchen Ofen für „Zimmerheizung mit Luftcirculation von Aussen veranschaulicht Fig. 457. Die Beschickung erfolgt vom Corridor aus in einem nach abwärts geneigten Schachte; die Kohlen gelangen dann sofort auf den Rost und zur Verbrennung. Die Luft, welche zur Verbrennung nöthig ist, tritt durch den Aschenfall hinzu und zwar vom Corridor durch eine bestimmte Oeffnung, vom Zimmer aus durch eine mit Regulirungsklappe verschlossene Oeffnung. Da der eigentliche Ofen von einem Blechmantel umgeben ist, so wird hierdurch eine Luftcirculation bewirkt, indem erwärmte Luft in der Richtung der Pfeile ins Zimmer tritt und kalte Luft infolge des gestörten Gleichgewichts nachgedrückt wird.

Der für Säle bestimmte Schachtofen Fig. 458 ist ganz ähnlich construirt, nur dass der eigentlich Wärme abgebende Körper zweckentsprechend verändert und das Ganze mit Umkleidung versehen ist. Die Beschickung und Regulirung erfolgt von aussen, die Verbrennungs- und Circulationsluft nimmt die durch Pfeile in der Figur angedeutetem Wege.

d. **Die Heizung mit Leuchtgas** hat ganz entschiedene Vortheile, wozu ganz besonders die ungemeine Reinlichkeit und Bequemlichkeit beim Anzünden gehört.

Einen solchen **Gasofen**, den „Publications Industrielles“ von Armengaud entnommen, führen wir in Fig. 459 vor; die Eigenthümlichkeit der Construction besteht darin, dass das zum Fortführen der Verbrennungsproducte dienende Rauchrohr in Wegfall gekommen ist. Der Ofen besteht aus einem Untersatz *L* aus Blech, auf dem der zu drei Viertheilen geschlossene Cylinder *C* sitzt. Die Gaszufuhr erfolgt durch das Rohr *g* und die Verbrennung findet an den Löchern *ff* statt. Hierdurch wird der Konus *K* erwärmt, sodass kalte Luft durch das Rohr *B* aufsteigt und sich mehr und mehr erwärmend durch den Konus K_1 und die Rosette *d* ins Zimmer tritt. Da die Gaskrone von einem geschlossenen Stahlblechcylinder umgeben ist, so können unverbranntes Gas und die Verbrennungsproducte nicht direct ins Zimmer treten; doch da die letzteren fortwährend vermehrt werden, so ist der Apparat nur mit Gasabzugsrohr oder bei äusserst kräftiger Ventilation zweckmässig.

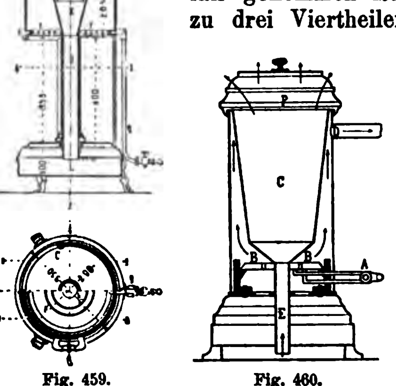


Fig. 459. Fig. 460.

Einen anderen, aus Eisen- und Kupferblech hergestellten **Gasofen** zeigt Fig. 460; derselbe war auf der Casseler Ausstellung 1877 für „Heizung und Ventilation“ ausgestellt. Die Einrichtung ist derart, dass das Gas durch das Gasrohr und den Hahn *A* zuströmt und sich bei *B* entzündet. Die heissen Verbrennungsproducte, durch den äusseren Cylinder und den inneren Konus *C* eingeschlossen, erwärmen diese Umhüllungen und entweichen nach dem Rauchrohr *D*. Der Ofen wirkt also ebensowohl durch strahlende Wärme als durch Erwärmung der Luft im Konus *C*, wodurch kalte Luft im Rohre *E* nachströmt, die man entweder von aussen oder von dem Boden des Zimmers nehmen kann. Um die Luft durchzulassen, ist der Deckel *P* durchbrochen. Die Construction hat den Vortheil, dass bei Offenlassen des Hahnes das Gas sofort in den Schornstein entweicht.

3. Central-Heizungen.

1. Die Luftheizung mit Canälen oder Feuerzügen.

Die **Canalheizung** oder Heizung mittelst Feuergänge, welche zur Erwärmung von Pflanzenhäusern, Trockenstuben etc. angewendet wird, besteht, wie Fig. 461—462 andeutet, aus einer Feuerungsanlage, deren Rost *r* um etwa 1 m unter dem Fussboden liegt. *T* ist die Feuerthür, *a* der Aschenfall; die Heizgase werden mittelst des Canales *C* im zu beheizenden Raume in der erforderlichen Länge herumgeführt; die Züge erhalten nach dem Schornstein zu eine Steigung von 1 : 50. Der Schornstein ist etwa 1/3 der Feuerzuglänge hoch. Canäle aus Ziegeln erhalten die Grösse der letzteren; damit die Luft

von allen Seiten hinzutreten kann, legt man die Züge auf hochkantig gestellte Steine und bedeckt sie mit durchbrochenen Platten. Röhren von Thon oder Eisen haben mindestens 20 cm Durchmesser; bei 0,07 qm Querschnittsfläche ist die Länge der Züge 30—38 m. Der Feuerungskasten ist gewöhnlich 0,8—0,9 m lang, 0,5—0,6 m breit; die Züge sind entweder mit 1/2 Stein überwölbt oder mit durchbrochenen Gusseisenplatten abgedeckt. Ein Beispiel von solcher Feuerung giebt das der Zeitschrift des bair. Arch.- und Ing.-Vereins entnommene Project einer Holztrockenstube, welche Fig. 463—467 darstellen. Auf dem Roste *R* werden die Kohlen verbrannt; die Heizgase durchziehen dann die Gusseisenrohre $r r_1$ und entweichen in den Schornstein *S*. Die Züge sind von einem Gewölbe überspannt und theilen auf diese Weise die Wärme der umgebenden Luft mit, welche bei *W* in den eigentlichen Trockenraum steigt, in welchen durch die Thür *F* die Hölzer eingebracht werden. An der Seite, welche dem Austritt der warmen Luft entgegengesetzt ist, befinden sich Canalöffnungen *c*, durch welche die in der Heizkammer abgekühlte, aber noch warme Luft entfernt, im Aschenfall *A* dem Feuer wieder zugeführt und auf diese Weise in sehr ökonomischer Weise verwendet wird. Die durch die Feuerzüge und auch durch die Oeffnungen *d* zu ersetzende Luft tritt durch den Canal *L* in die Kammer *L* unter die Verlängerung des Feuerherdes, tritt also im wärmsten Raume aus und macht dann den bekannten Weg in die Trockenkammer; mit *T* ist eine Reinigungsthür bezeichnet.

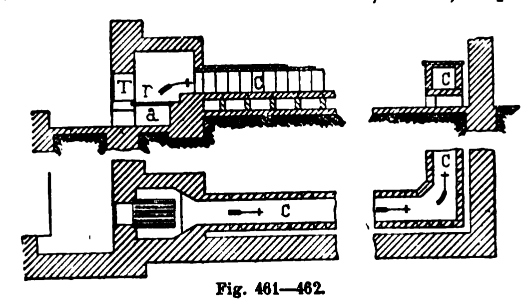


Fig. 461—462.

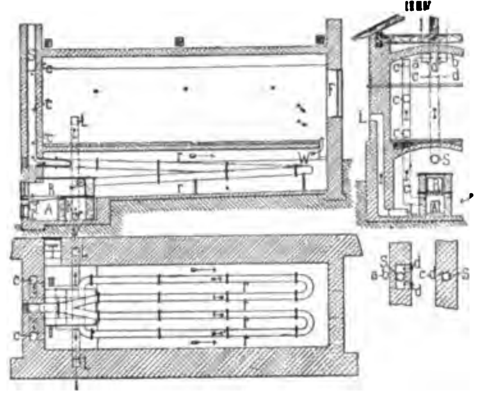
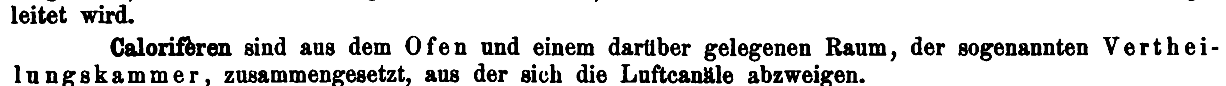


Fig. 463—467.



2. Luftheizung mittelst Caloriféren.

In besonderer Heizkammer, unter den zu beheizenden Räumen, also meist im Keller angebracht, wird ein Ofen aufgestellt, der zur Erwärmung kalter Luft dient, die dann im erwärmten Zustande in die Zimmer geleitet wird.



Caloriféren sind aus dem Ofen und einem darüber gelegenen Raum, der sogenannten Vertheilungskammer, zusammengesetzt, aus der sich die Luftcanäle abzweigen.

Die **Vertheilungskammer** soll sehr geräumig sein, und thut man gut, soviele durch Mauern getrennte Abtheilungen herzustellen, als Stockwerke vorhanden sind, damit der Zug in den nach oben gehenden Röhren den unteren nicht schädlich wird. Da die Apparate für die ungünstigsten Verhältnisse berechnet sind, so wird an weniger kalten Tagen der betreffende Raum zu sehr erwärmt werden. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, kann man einmal weniger stark heizen und erzielt dadurch eine ökonomische, aber nicht besonders gute und schnelle Regulirung; dann kann man, und dies ist besonders bei sehr wechselndem Bedarf an Wärmemenge und plötzlichen Temperaturänderungen zu empfehlen, das eingeführte Luftvolumen verringern. Damit in diesem Falle nicht die Ventilation verschlechtert wird oder die verdorbene Luft ins Zimmer zurückströmt und kalte Luft durch die Fugen eintritt, schaltet man nach dem Vorgange von Morin zwischen der aus dem Calorifère tretenden Luft und der Atmosphäre einen Raum ein, die **Mischungskammer**, in der man kalte und warme Luft bis auf die geeignete Temperatur mischt und dann in die Zimmer treten lässt.

Die **Canäle** zerfallen in:

a. Die Zuführungscanäle der warmen Luft in die zu heizenden Räume; dieselben haben mindestens 0,04 qm, höchstens 0,08 qm Querschnitt. Für gewöhnliche Räume rechnet man 0,05 qm, für grössere 0,07 qm Querschnitt der Canäle.

b. Die Leitungscanäle der kalten Luft in die Kammer; dieselben haben 1/5 — 1/4 grösseren Querschnitt als die Warmluftcanäle, im Falle Circulation, also Rückführung der Luft in die Heizkammer angewendet wird. Nimmt man die kalte Luft für die Heizkammer aus der Atmosphäre, so ist der Querschnitt nur gleich 3/4 bis der Summe der Warmluftcanäle. In diesem Falle hat man noch:

c. Die Canäle zur Ableitung der verdorbenen Luft, welche 1/4—1/3 vom Querschnitt der Leitungsröhren für warme Luft haben. Die hier aufgestellten Werthe sind ungefähre Angaben, die sich für normale Fälle bewährt haben; allgemein ist zu sagen: Die Weite der Warmluftcanäle soll so gross sein, dass die Luft mit keiner höheren Temperatur als mit 40—50 ° ins Zimmer tritt. Hierzu giebt Reinhardt in Würzburg folgende Rechnung an:

Hat man z. B. 5 Räume, deren Kubikräume a, b, c, d.., bei denen die Querschnitte der Wärmeöffnungen a_1, b_1, c_1, d_1.. und die gefundenen Temperaturen $\alpha, \beta, \gamma, \delta$.. sind, so ist gesammte Durchschnittssteigerung: $D = \frac{a\alpha + b\beta + c\gamma + \ldots}{a + b + c + d + \ldots}$; bei jenen Räumen, wo die stündliche Zunahme grösser als D ist, muss demzufolge eine entsprechende Verengung stattfinden, sodass der wirkliche Querschnitt $x_1 = \frac{D}{\alpha} a_1$; $x_2 = \frac{D}{\beta} b_1$ u. s. w. Bei den Räumen, wo die Temperatur weit höher als D war, darf die Verengung auch weit mehr betragen.

Hat man 5 übereinander liegende Stockwerke, so verhalten sich die Geschwindigkeiten in den Heizcanälen wie 1 : 1,5 : 2,0 : 2,3 : 2,5. Die Querschnitte sind also für I: $= \frac{I}{1,0}$; für $II = \frac{II}{1,5}$; für $III = \frac{III}{2,0}$; für $IV = \frac{IV}{2,3}$; für $V = \frac{V}{2,5}$. Der Gesammtquerschnitt, also der Querschnitt des Steigcanales ist gleich dieser Summe, also $Q = 3 . I$.

Bei dieser Anordnung lässt sich die Luft horizontal auf 10—15 m fortleiten. Die Canäle erhalten eine Steigung von 1—2%. Die Geschwindigkeit der Luft kann in denselben 2—3 m betragen, beim Eintritt in den zu erwärmenden Raum jedoch nur 1 m.

Zu beachten ist ferner, dass die eingeführte Luft rein ist und weder mit dem Grundwasser noch mit schlechter Bodenluft oder verwesenden Substanzen etc. in Berührung kommen darf.

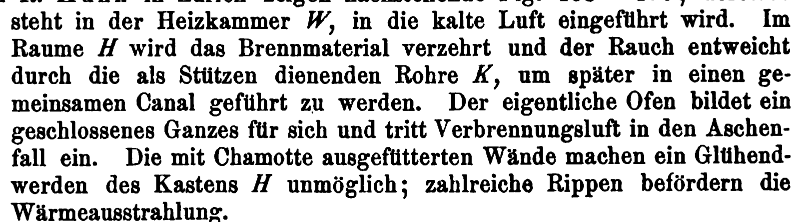
Die **Heizkammer** ist so eingerichtet, dass zwischen Ofen und Umfassungsmauerwerk sich eine Luftschicht von 0,3—1,5 m befindet; das letztere soll womöglich doppelt mit dazwischen befindlicher Luftschicht aufgeführt werden; die äusserste Wand ist nicht dicker als ½ Stein.

Der **Ofen** oder der **Calorifère** hat auf je 100 cbm Zimmerraum 2 qm Heizfläche bei mässiger Ventilation und täglicher Heizung; für abweichende Fälle rechnet man die Zahl der erforderlichen Calorien aus und nimmt für je 100 C. eine Heizfläche von 0,05 qm; für kleinere Apparate entspricht 1 qcm Rostfläche 1 qm Heizfläche; bei grösseren Apparaten ist das Verhältniss 1 : 150. Die Rostfläche soll für 1 kg in der Stunde zu verbrennende Steinkohle 200—300 qcm betragen. Die Disposition ist gewöhnlich so getroffen, dass die Luft sich aussen befindet und der Rauch in Röhren abzieht; Luft und Heizgase sollen die entgegengesetzten Wege machen. Bei einem Feuchtigkeitsgehalt der Luft, der weniger als 40% beträgt, ist die Luft zu trocken; man hat dann Wasser zu verdunsten und rechnet auf 200 cbm Luft 3 l Wasser.

Zu beachten ist bei der Construction der Caloriferen, dass sie ausserhalb des Luftraumes zu reinigen sind; geschieht dies innerhalb des Luftraumes für die Erwärmung bewohnter Räume, so wird Russ mitgeführt und die Luft verdorben.

3. Die Construction der Caloriferen.

Als Material benutzt man sowohl Gusseisen als gebrannten Thon. **Ein Calorifère aus Gusseisen** nach der Construction von R. Kuhn in Zürich zeigen nachstehende Fig. 468—470; derselbe steht in der Heizkammer W, in die kalte Luft eingeführt wird. Im Raume H wird das Brennmaterial verzehrt und der Rauch entweicht durch die als Stützen dienenden Rohre K, um später in einen gemeinsamen Canal geführt zu werden. Der eigentliche Ofen bildet ein geschlossenes Ganzes für sich und tritt Verbrennungsluft in den Aschenfall ein. Die mit Chamotte ausgefütterten Wände machen ein Glühendwerden des Kastens H unmöglich; zahlreiche Rippen befördern die Wärmeausstrahlung.



Der auf der Casseler Ausstellung für Heizung und Ventilation ausgestellt gewesene **Centralheizungsofen** von Möhrlin in Stuttgart ist durch Fig. 471—472 veranschaulicht. Derselbe ist derart eingerichtet, dass bei S das Einfüllen des Brennmaterials in den Schacht A erfolgt, welches im Feuertopfe C verbrennt. Die Luft tritt bei e, f und c hinzu, während die Wärmeabgabe durch den aussen gerippten Cylinder C bewirkt wird. Der Rauch zieht durch das Rohr D, den Sammelkasten E, vertheilt sich in die vier Röhren F und wird aus dem Kasten G in das Kaminrohr S_1 abgeführt. Die kalte Luft tritt bei L ein, während W, R und R_1 Warmluftrohre sind. Mit V ist ein Wasserverdunstungsgefäss bezeichnet, während die Oeffnungen H zum Reinigen dienen. Die Entfernung der Asche wird durch die Thür B bewirkt.

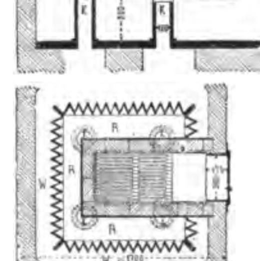
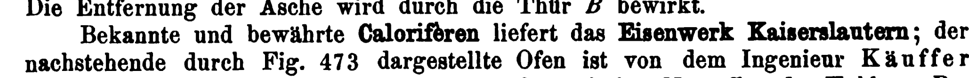


Fig. 468—470.



Bekannte und bewährte **Caloriferen** liefert das **Eisenwerk Kaiserslautern**; der nachstehende durch Fig. 473 dargestellte Ofen ist von dem Ingenieur Käuffer in Eutritzsch-Leipzig construirt und liefert über 60% vom theoretischen Nutzeffect der Kohlen. Besonders zweckmässig ist an diesem Centralschachtofen einmal die continuirliche Feuerung, dann auch der

Calorifère an und für sich, dessen Reinigung von Russ in kurzer Zeit und auf bequeme Weise erfolgt. Die Luft wird an dem gerippten Ofen erwärmt, sodass der Rauch mit einer Temperatur, die zwischen 20⁰ und

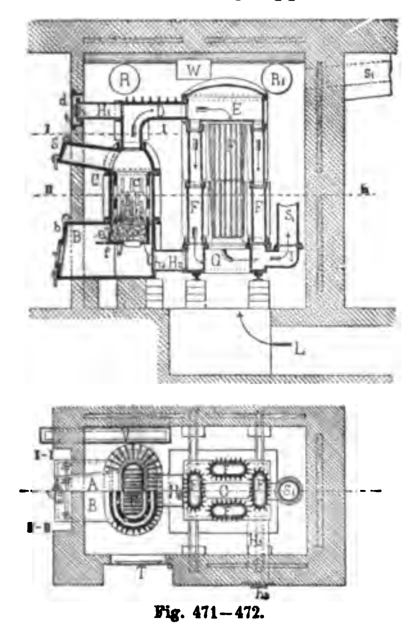


Fig. 471—472.

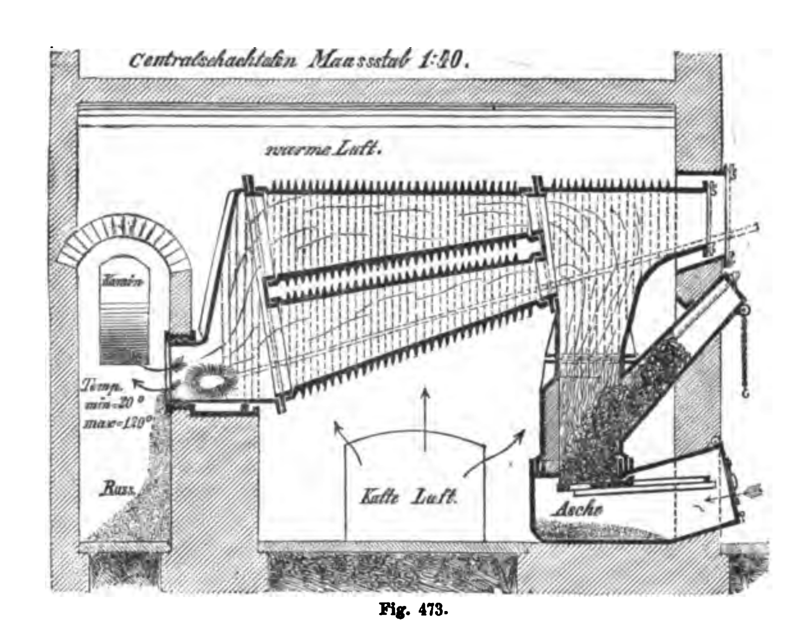


Fig. 473.

120⁰ in den Kamin entweicht. Die Ofen eignen sich für Trockenanlagen, wenn sie ohne Wasserverdunstung ausgeführt werden, und werden von 7,5—45 qm Heizfläche gebaut, die für 300—1400 cbm Zimmerraum genügen.

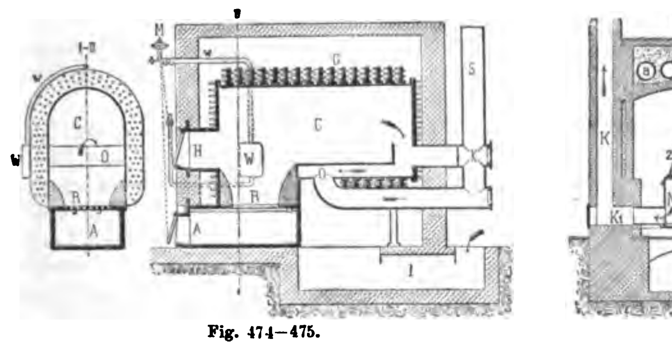


Fig. 474—475.

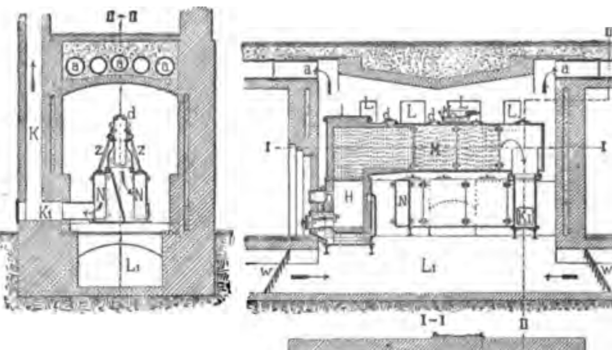


Fig. 476—477.

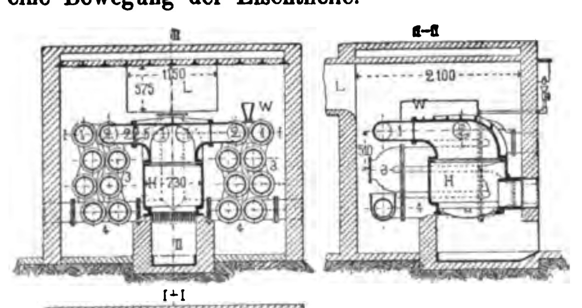
Der **Calorifère** von Gold, Fig. 474—475, ist dem Berichte über die Philadelphiaer Weltausstellung von Strohmayr entnommen. Die Anordnung des Aschenfalls A und des Rostes R ist aus der Zeichnung leicht zu ersehen; die Drosselklappe k kann entweder bei Anfachen des Feuers geöffnet oder geschlossen gehalten werden, wodurch die Heizgase einen längeren Weg bis zum Schornstein S machen müssen. Die Luft kommt durch den Canal L und erwärmt sich an den zahlreichen Rippen G. W ist ein geschlossenes Wassergefäss, dessen Inhalt durch das Rohr r in das Manometer M tritt; bei wachsender Temperatur erfolgt eine Ausdehnung und damit durch geeignete Hebelübersetzung ein Oeffnen der Heizthür H und ein Schliessen des Aschenfalls A; man hat mithin eine selbstthätige Regulirung der Verbrennung.

Der **Calorifère** von Fischer & Stiehl in Essen besitzt eine Art Füllofen, wie aus Fig. 476—477 hervorgeht; durch n erfolgt die Beschickung, während r ein Ventil zur Regulirung der Verbrennung ist. Der ganze Verbrennungsraum ist mit Chamotte ausgefüttert, die in dem Masse, wie die Temperatur der Heizgase abnimmt, auch schwächer wird. Aus dem Raume M entweicht der Rauch in die unteren, gusseisernen Canäle $N N_1$ durch die Oeffnung K_1, sodass er schliesslich in den Camin K gelangt.

Aus der Warmluftkammer wird die Luft durch verschiedene Thonröhren a abgeführt, während L die eigentlichen Luftcanäle sind. Kalte Luft strömt durch den Canal L_1 zu, dessen Querschnitt durch die

Windventile W zu verändern ist. Der Wasserverdunstungsapparat N ist mit einem Schwimmer versehen, durch dessen Sinken der Wasserzufluss selbstthätig regulirt wird.

Damit sich der Ofen bei Temperaturänderungen frei ausdehnen kann, sind alle horizontalen Dichtungen mit Sand bewirkt; in der Längenrichtung erlauben die beiden in Kugelzapfen stehenden Stützen z eine Bewegung der Eisentheile.



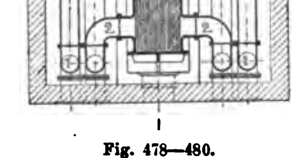


Fig. 478—480.

Der **Calorifère** von Reinhardt in Würzburg unterscheidet sich von den vorhergehenden Constructionen dadurch, dass er einen aus Röhren zusammengesetzten Rauchweg besitzt (Fig. 478—480). Die auf dem Roste H entwickelten Gase ziehen durch die Röhren 1 und 2, 3 und 4 ab, diese und somit auch die umgebende Luft erwärmend. A ist das Abzugsrohr, L der warme Luftcanal. Zur Wasserverdunstung ist der Apparat W angebracht, der von aussen gespeist wird.

Manche Constructeure halten Caloriféren aus **gebranntem Thon** für besser als solche aus Gusseisen; in Fig. 481—482 führen wir einen solchen Ofen von Gaillard & Haillot vor, dessen Luftcirculationscanäle aus hohlen Ziegeln gebildet werden. Die Heizgase der auf dem Roste R verbrannten Brennmaterialien umspülen die Luftcanäle, indem sie durch die Züge r entweichen und so die durch L hinzutretende Luft erwärmen. Die gesammte Luft gelangt dann in die Vertheilungskammer G, aus welcher sie durch die Röhren W abgeführt wird. Die leichte Reinigung ist durch die Thüren D vorgesehen; der Russ kann, ohne mit der warmen Luft in Berührung zu kommen, entfernt werden.

4. Die Wasserheizungen.

Bei den Wasserheizungen benutzt man die Circulationsbewegungen erwärmten Wassers in einem geschlossenen Röhrensystem. Je nach der Temperatur, auf welche man das Wasser erwärmt, hat man **Warmwasser-** oder **Heisswasserheizung**; bei ersterer wird das Wasser auf 100 oder weniger als 100° erwärmt, bei letzterer auf 125—160°.

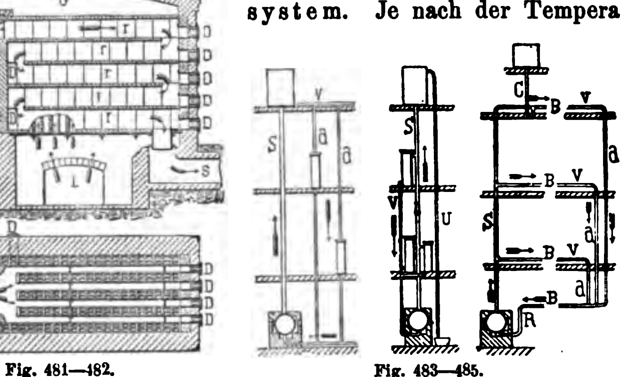


Fig. 481—482. Fig. 483—485.

Bei Niederdruckheizung gelangt das auf 87—94° erwärmte Wasser mit 80° in den Leitungsofen; für Mitteldruckheizung erwärmt man das Wasser etwa auf 100°.

a. Warmwasserheizungen. Jede Warmwasserheizung besteht aus einem Kessel, gewöhnlich einem Flammrohrkessel, einem Steig- und Rücklaufrohr und einem Expansionsgefäss. Die allgemeine Anordnung kann auf verschiedene Weise getroffen werden. — Wie Fig. 483 andeutet, kann von dem im Keller stehenden Kessel ein Steigrohr S nach dem Expansionsgefässe führen und können von dem Vertheilungsrohr v nach jeder näher zusammenstehenden Gruppe Oefen Ablaufrohre a führen. Hier circulirt das Wasser und ein gemeinschaftliches Rücklaufrohr führt in den Kessel zurück. Man kann auch die Anordnung Fig. 484 wählen, welche für jede Gruppe Oefen ein Steigrohr S und ein Rücklaufrohr v besitzt; nach den Oefen zweigen kleine Leitungen ab. Ausserdem ist jedoch ein Ueberfallrohr U nothwendig. um das überschüssige Wasser aufzufangen.

Die letzte Anordnung Fig. 485 endlich, besonders für Batterieen dienlich, ist von der Art, dass von dem Steigrohre S die horizontalen Röhren v abzweigen, als Abfallrohre aa nach unten gehen und durch das Rücklaufrohr R in den Kessel zurückkehren. Das Nachfüllen wird durch das wie bei allen Warmwasserheizungen offene Expansionsgefäss bewirkt, aus dem das Heberrohr C abzweigt. Hierdurch wird ein selbstthätiges Nachfüllen und durch ein Schwimmerventil im Expansionsgefäss ein constantes Wasserniveau erzielt.

Man rechnet für je 100 zu erzielende Calorien 0,25—0,34 qm Heizfläche und entspricht der erstere Werth der Mitteldruck-, der letztere der Niederdruck-Warmwasserheizung. Nach der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure von 1872 beträgt für Röhren die **Wärmeabgabe** in C für 1° Temperatur-Differenz pro qm:

Durchmesser.	51 mm	63 mm	76 mm	102 mm	127 mm	152 mm	178 mm
Gusseiserne, horizontale Röhren	—	—	7,81	7,65	7,43	7,21	6,99
Schmiedeeiserne, horizontale Röhren	8,26	8,09	7,93	7,75	7,65	7,55	7,53
Verticale Röhren über 1,5 m Länge.	8,74	8,61	8,49	8,43	8,35	8,30	8,25
	für den laufenden Meter pro 1° Temperaturdifferenz						
Horizontale Röhren	1,65	1,97	2,29	2,93	3,47	4,23	4,88
Verticale Röhren	1,92	2,27	2,63	3,06	4,08	4,84	5,49
Durchschnittlich bei gusseisernen Röhren . .	—	—	2,35	2,98	3,40	3,93	4,75

Findet die **Wärmeabgabe** durch **Batterien** statt, so rechnet man pro qm Batterieoberfläche 6,35 *C*. Bei Oefen ist zu beachten, dass das Leitungsvermögen von Kupfer, Eisenblech und Gusseisen sich wie 1 : $^5/_{12}$: $^2/_3$ verhält. Die Geschwindigkeit, mit welcher sich das Wasser in den Röhren bewegt, ist abhängig von der Temperatur, der Druckhöhe und dem Durchmesser der Leitungsröhren. Der als Wärmereservoir dienende Kessel hat bei Steinkohlenfeuerung für 1 qm Fläche der Wärmeapparate bis 35 l Wasserinhalt; für 10 qm Wärmfläche ist 0,03—0,05 qm totale Rostfläche zu nehmen, wobei zum Heizen $1^1/_2$—$2^1/_3$ Stunden Zeit gegeben wird.

Die Grösse des Expansionsgefässes hängt von der Temperatur und der Wassermenge ab; man macht dasselbe gewöhnlich so gross, dass es 0,045 vom Volumen des in dem Röhrensystem befindlichen Wassers beträgt.

Wenn $t—t_0$ die Temperaturdifferenz, w die für 1° Temperaturdifferenz sich ergebende Zahl der Calorien, so ist die Heizfläche: $\frac{w \cdot (t-t_0)}{11250}$.

Die **Kessel** müssen 3 At Ueberdruck aushalten können; die Construction ist gewöhnlich die eines Flammrohrkessels, der aber, da er ganz mit Wasser angefüllt ist, vollständig in die Züge eingebaut wird. Zweckmässige Abänderungen sind von verschiedenen Seiten gemacht worden. So zeigt Fig. 487 die Anordnung eines vom Ingenieur Käuffer angewendeten **Warmwasser-Heizkessels mit Schachtfeuerung,** der insofern grosse Bequemlichkeit bietet, als die grosse Füllung des Schachtes die Feuerung zu einer sehr continuirlichen macht.

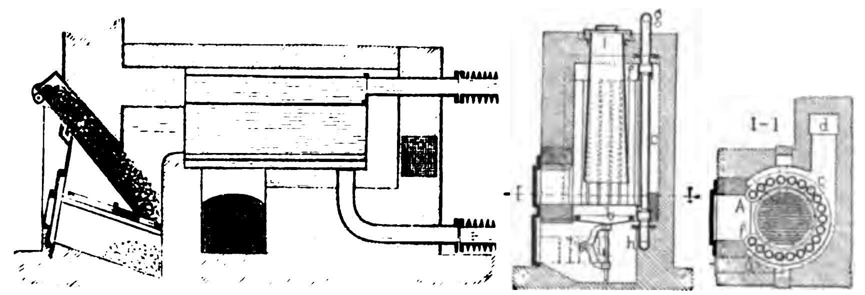


Fig. 487. Fig. 488—489.

Zur Beheizung kleinerer Räume dient der **Warmwasser-Heizkessel** von Granger & Hyan (Fig. 488—489); derselbe ist für Schüttfeuerung eingerichtet und wird durch den Schüttkegel *i* das Brennmaterial auf den beweglichen Rost *b* geworfen; die Heizgase entweichen dann durch die Feuerzüge *cc* in das Rauchrohr *a*. Das Wasser befindet sich in den durch den Hufeisenring *f* zusammengehaltenen verticalen Röhren und wird durch *g* zu den Apparaten geführt; *h* ist das Rücklaufrohr.

Wenn mittelst **Batterien** geheizt wird, so stellt man diese gewöhnlich unter das Fenster oder in eine Nische; für erstere Anordnung eignet sich die nur durch eine Fläche wirkende Batterie (Fig. 490—491). Hierin ist *A* der Wasserkasten, mit dem Zu- und Abflussrohre. Der Regulirhahn wird durch den Knopf *C* gestellt. Die Platte *B* ist gerippt und der vordere Rand der Vorsprünge mit Rippen versehen.

Eine andere Construction, der Zeitschrift des V. D. Ing. 1872 entnommen, stellt Fig. 492—493 dar; auf dem runden Leitungsrohre sind zahlreiche viereckige Flanschen angebracht, um die Wärmeausstrahlung zu vermehren. Das kleine Ventil dient zum Ablassen der in der Leitung befindlichen Luft.

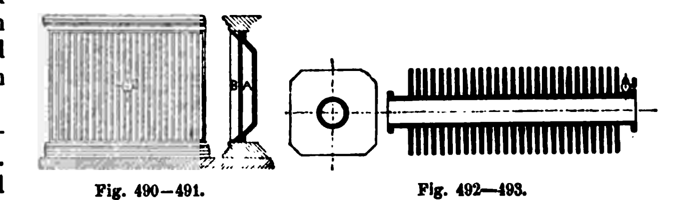


Fig. 490—491. Fig. 492—493.

Eine Construction, die den entgegengesetzten Zweck verfolgt, Wärme aufzunehmen, um das in den Röhren circulirende Wasser zu erwärmen, zeigen Fig. 494 u. 495. Die Heizung ist im Gaswerk

zu Tula angewendet, um das Wasser des Gasometers vor dem Einfrieren zu schützen. Benutzt wird die aus den Retortenöfen abziehende Wärme, die durch einen Kanal geleitet wird, in dem sich die Batterien befinden.

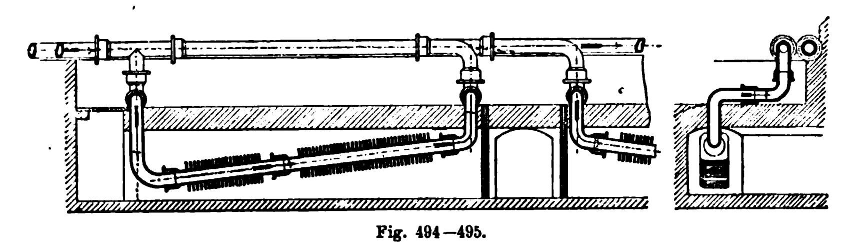


Fig. 494—495.

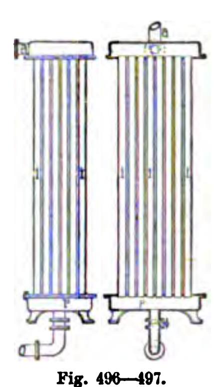


Fig. 496—497.

Oefen für Warmwasserheizungen. Eine dem „Practischen Maschinen-Constructeur" von 1878 entlehnte Construction stellen Fig. 496—497 dar; der Ofen ist viereckig, aus einzelnen Röhren zusammengesetzt. Durch das untere, mit der Regulirungsklappe versehene Rohr tritt das warme Wasser in den Ofen, vertheilt sich in die Röhren *i* und geht durch den Stutzen *a* wieder aus dem Ofen heraus.

Im Petersburger Winterpalais sind nebenstehende **Warmwasseröfen** (Fig. 498—499) verwendet, deren cylindrischer, gusseiserner, gerippter Ring *a* durch gusseiserne Böden geschlossen und durch die Bolzen *d* abgedichtet wird. Bei *S* strömt das warme Wasser zu, bei *f* ist der Abfluss. Zur Regulirung verwendet man ein Ventil *v*, welches mit Hülfe des Handrades *r* zu drehen ist. Zu dem Zwecke ist die Stange, auf welcher das Handrad sitzt, durch eine Stopfbüchse im Deckel abgedichtet.

Einen anderen **Warmwasserofen** führen Fig. 500—501 vor. Im oberen Rohre, aus dem grossen Vertheilungsrohre abzweigend, circulirt das Wasser auf die durch die Pfeile angedeutete Weise und erwärmt den Kreisring *D*, während durch *C* Luft aufsteigt. Die aus der Zeichnung ersichtliche dickere Röhre dient zur Circulation, wenn der Ofen abgesperrt wird.

Fig. 498—499. Fig. 500—501.

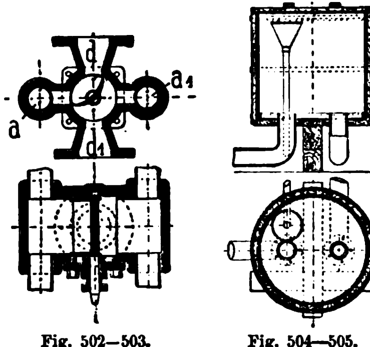


Fig. 502—503. Fig. 504—505.

Die **Regulirungshähne**, welche die Circulationsgeschwindigkeit des niedersinkenden Wassers für die verschiedenen Wasseröfen und dadurch deren Temperatur und Wärmeabgabe regeln, sind an den verticalen Leitungsröhren angebracht. Man verwendet dazu die gewöhnlichen Durchgangs- oder Absperrventile.

Eine sehr empfehlenswerthe Construction, aus der Zeitschr. d. V. D. Ing. von 1872, welche als Vierweghahn zu bezeichnen ist, zeigen Fig. 502—503. In dem Falle, welchen die Zeichnung andeutet, geht alles Wasser aus dem Fallrohr durch den Ofen, und durch eine geringe Drehung des Rückens ist die Circulation zu reguliren.

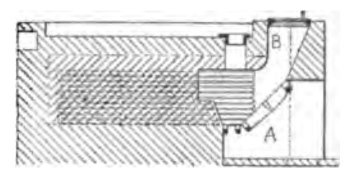
Als **Expansionsgefässe**, die bei Warmwasserheizungen immer offen sind, benutzt man hölzerne oder Blechcylinder. Die Steig- und Abfallröhren sind in geeigneter Weise eingesetzt und wasserdicht verschraubt. So ist z. B. das vorstehende hölzerne Expansionsgefäss (Fig. 504—505) mit Blech ausgefüttert und wie die Figuren erkennen lassen, mit einem Abfallrohre für überflüssiges Wasser versehen.

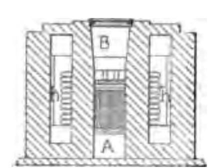
b. **Heisswasserheizung.** Bei der Heisswasserheizung genügt für je 100 stündlich zu erzielende Calorien 0,1 qm Heizfläche. Die **Perkins'sche Methode** ist die am meisten angewendete; die Röhren haben 45 mm äusseren Durchmesser und bis zu 10 mm Wandstärke. Diese grosse Wandstärke wird durch die höhere Temperatur des Wassers von 120—190° nothwendig, welcher 3—12 At Druck entspricht.

Man rechnet für je 1 cbm auf Zimmertemperatur zu erwärmende Luft 558 qcm Röhrenoberfläche; dabei ist zu bemerken, dass das Wasser gewöhnlich mit 60° in den Kessel zurückkehrt.

Die Oefen der Heisswasserheizungen sind meistens so angeordnet, dass die Flamme einen Theil der Röhren bespült; früher legte man $^1/_6$ der Rohrlänge in den Ofen, doch hat Schinz nachgewiesen, dass $^1/_{15}$ der Gesammtlänge genügt; die Einrichtung ist stets so zu treffen, dass Heizgase und Wasser in entgegengesetzter Richtung strömen.

Die bekannte Firma Bacon in Berlin wendet den nebenstehenden Apparat (Fig. 506—508) an; derselbe besteht aus übereinander geschichteten Spiralen, die mit Hilfe der auf dem Roste entwickelten Heizgase erwärmt werden. Die Beschickung ist durch einen Fülltrichter B continuirlich geworden, während durch den Aschenfall der Luftzutritt geregelt wird. Die Zungen $z\,z_1$ zwingen den Rauch, durch die Canäle h in die Kamine KK zu entweichen, die sich später zu einem gemeinsamen Rohre vereinigen.





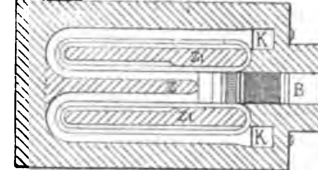
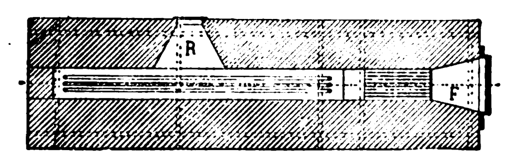


Fig. 506—508.

Eine andere sehr **zweckmässige Construction** ist dem „Practischen Maschinen-Constructeur" von 1870 entlehnt und durch Fig. 509—511 dargestellt. Der Ofen ist mit Vorfeuerung ausgestattet; die Flamme



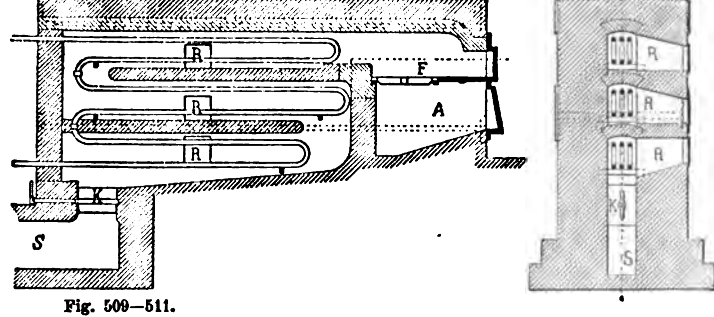


Fig. 509—511.

zieht dann an den dreifach angeordneten Heisswasserröhren entlang, der Rauch entweicht durch den mit einer Regulirklappe versehenen Fuchs K in den Kamin S. Da die Berussung der Röhren nachtheilig für die Wärmeaufnahme ist, so sind in jeder Windung Reinigungsthüren R angebracht.

Tasker's Heisswasserkessel, welcher auf der Weltausstellung zu Philadelphia zu sehen war, veranschaulichen Fig. 512—514. Der Apparat besteht aus dem Verbrennungsraum R und dem aus Platten G und G_1 zusammengesetzten Kessel, welche letztere (G_1) auch durch Fig. 514 veranschaulicht werden; der Rauch zieht durch das Rohr R ab. Der Eintritt des abgekühlten Wassers findet bei K, der Austritt bei J statt. Zur selbstthätigen Regulirung ist in dem mit der Circulationsleitung verbundenen Bassin B der Schwimmer A angebracht, welcher mit einer Stange und einer Hebelverbindung dergestalt verkuppelt ist, dass bei zu hoher Temperatur, wo sich der Schwimmer hebt, die Thüre C geöffnet und E geschlossen wird. Die Klappen D und F dienen zur Regulirung mit der Hand.

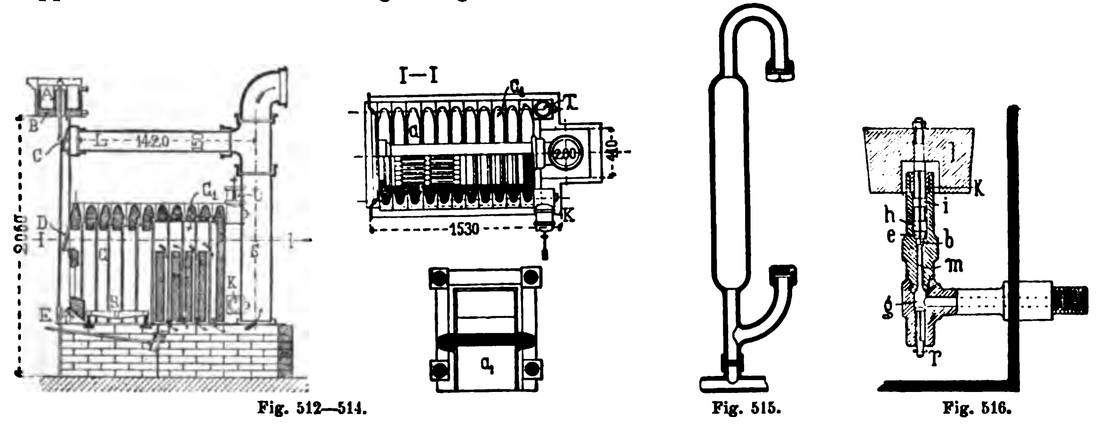
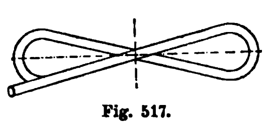


Fig. 512—514. Fig. 515. Fig. 516.

Bei der Heisswasserheizung ist bekanntlich das **Expansionsgefäss** geschlossen. Dasselbe dient zum Ausgleich der durch die Erwärmung des Wassers hervorgerufenen Volumenänderungen. Ein Expansionsgefäss, wie Fig. 515 darstellt, hat 7—10 cm Durchmesser und ist so lang, dass das Volumen gleich $^1/_4$ des gesammten Kubikinhaltes der ganzen Rohrleitung ist. Der Verschluss ist durch aufgeschraubte Muffen bewirkt. In neuerer Zeit benutzt man einen Ventilkasten mit Saug- und Druckventil, wodurch

einerseits die Explosionsgefahr vermindert, anderseits eine selbstthätige Speisung der Leitung erzielt wird. Fig. 516 giebt ein solches Ventil von Bacon wieder; in einem Gefässe angebracht, steht dasselbe mit der Leitung in Verbindung und besitzt einen Druck- und Saugkegel. Ersterer, mit *b* bezeichnet, besteht aus Rothguss und ist dreikantig gefeilt, damit das Wasser passiren kann, *h* und *i* sind Verstärkungen, die einestheils als Führungen, anderentheils als Hubbegrenzungen dienen, da *i* an die Stopfbüchse *k* anstösst; *l* ist ein Bleigewicht, durch welches der in der Rohrleitung herrschende Druck bestimmt wird.

Die Wärmeabgabe wird direct durch die Röhren in den Zimmern bewirkt, ohne Einschaltung eines Ofens oder einer anderen Heizvorrichtung. Damit man bei grösseren Räumen die nöthige Heizfläche herausbekommt, legt man die Rohre in Windungen aufeinander, sodass sie einen ovalen Körper bilden. Schinz empfiehlt nebenstehende Form der Serpentine (Fig. 517) und bemerkt dabei, man solle die Windungen nicht zu dicht aufeinanderlegen. Starke Krümmungen sind zu vermeiden, weil sonst der Circulationsbewegung des Wassers zu viel Widerstand entgegengesetzt wird.


Fig. 517.

Jede der Wasserheizungen hat ihre Vor- und Nachtheile:

Die Warmwasserheizung besitzt grosses Wärme-Reservationsvermögen, kann leicht in alten und neuen Gebäuden angelegt werden und giebt andauernde gleichmässige Wärme, lässt sich dagegen bei der Ventilation nur schwer benutzen und ist kostspielig in der Anlage.

Die Heisswasserheizung ist im Verhältniss von 3 : 5 billiger, die Leitung ist auf grössere Entfernungen möglich und die Heizung schneller zu bewirken. Dagegen frieren die Rohre leicht ein, werden überhitzt und geben Ursache zu Explosionen, auch macht die rasche Abkühlung andauerndes Heizen nöthig; Holzwerk in der Nähe der Rohre leidet sehr ohne schützende Umkleidung derselben.

5. Die Dampfheizung.

In Fabriken, wo Hochdruck-Dampfmaschinen als Motoren benutzt werden, ist die Anlage einer Dampfheizung meistens die empfehlenswertheste; man benutzt den abziehenden Dampf der Maschine und nutzt so dessen Wärme zweckmässig aus. Auf 100 stündlich zu erzeugende Calorien rechnet man 0,11 qm. In der Praxis rechnet man auf 70 cbm auf 15° zu erwärmenden Zimmerraum 1,7 qm Condensationsfläche, mit der man bei geringerer Temperatur auch 100 cbm erwärmt. Nach Morin genügen 20—24 cbm Condensationsfläche, um 1000 cbm Zimmerraum in den kältesten Tagen auf 17° zu erwärmen.

Der zur Verwendung kommende Dampf kann schon zu anderen industriellen Zwecken benutzt sein, oder strömt aus dem Dampfcylinder einer Hochdruck-Dampfmaschine; hat die Heizung einen eigenen Kessel, so wird die Anlage sehr kostspielig. In jüngster Zeit findet die Dampfheizung als Centralheizung die ausgedehnteste Anwendung, und sollen sich die Kosten bei Versorgung ganzer Stadtviertel von einer Wärmequelle aus billiger herausstellen als jedes andere System. Die allgemeine Anordnung ist zumeist derart, dass man den Dampf durch ein verticales Standrohr leitet, von welchem die Transmissionsrohre abzweigen; der Dampf condensirt sich infolge der Wärmeabgabe und gelangt als Wasser von ca. 60° in den Vorwärmer des Kessels zurück, in den er durch einen Injector hineingeschafft wird; alles sonst noch erforderliche Wasser wird durch eine kleine Pumpe in den Kessel gedrückt.

Die **Wärmeabgabe** erfolgt entweder durch Transmissionsröhren oder durch Oefen, welche im Zimmer aufgestellt sind. Für die jetzt fast ausschliesslich zur Verwendung kommenden Rohre aus verzinntem Eisenblech, deren Weite sich nach der Zahl der erforderlichen Calorien richtet, genügt gemeiniglich ein Durchmesser von 10—20 cm und beträgt die Wandstärke 1—2 mm. Ein besonderes Augenmerk ist darauf zu richten, dass die Längenausdehnung, die durch Temperaturänderung hervorgerufen wird, auch ungehindert vor sich gehen kann, weil meistens das Springen der Rohre in der Nichtbeachtung dieser physikalischen Eigenschaft seinen Grund hat.

Einige **Compensationsvorrichtungen** zeigen nachstehende Skizzen. Fig. 518 lässt eine Anordnung mit Stopfbüchse erkennen. Die Schrauben zum Anziehen der Packung sind etwas abweichend von der gewöhnlichen Construction; sie greifen über einen Vorsprung an der unteren Röhre und sind auf diese Weise leicht zu entfernen.

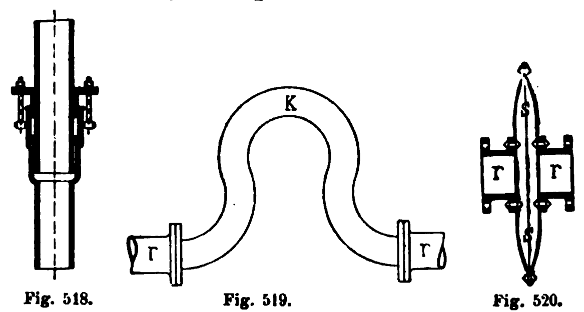


Fig. 518. Fig. 519. Fig. 520.

Sehr bekannt ist die Einschaltung eines Kupferrohres *k* (Fig. 519), welches schlangenförmig gebogen und in die Leitung *rr* eingeschaltet ist. Die Elasticität des Kupfers ermöglicht ein leichtes Auseinandergehen oder Zusammendrücken der Leitung; wegen der grossen Wärmeleitungsfähigkeit des Kupfers ist das Rohr ganz besonders gut mit schlechten Wärmeleitern zu umgeben. Vielfach angewendet werden auch die kupfernen Compensationsscheiben *s* (Fig. 520), welche in ähnlicher Weise in die Leitung *rr* eingeschaltet werden und deren Construction aus der Zeichnung zu ersehen ist.

Die **Aufhängung** der Röhren zeigen Fig. 521—524; die Construction, die letzteren an einem

Bügel aufzuhängen, der auf einer Schraube ruht, hat den Vortheil, dass man das Gefälle genau innehalten kann. Sehr beliebt ist auch Fig. 522—523; häufig benützt man auch statt des Flacheisens ein Drahtseil und, ohne sich einer Holzschraube zu bedienen, nagelt man das Eisen einfach an den Balken fest. Um die Röhren nicht auf Consolen legen zu müssen, wendet man kleine Rollen (Fig. 524) an, die auf einem mit dem Balken verschraubten Bolzen sitzen; bei Mauerwerk würde man eine Steinschraube benutzen können.

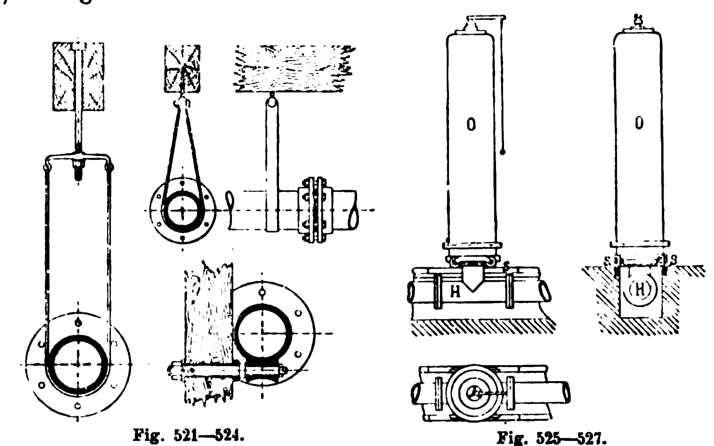


Fig. 521—524. Fig. 525—527.

Wenn man statt der Röhren **Oefen** verwendet, so hat man auch hier auf die Längenänderung der Leitung zu achten, wie dies bei dem durch Fig. 525—527 veranschaulichten, aus Wiebe's Skizzenbuch entnommenen Dampfofen der Fall ist. Auf der Dampfleitung H sitzt ein grösseres cylindrisches Gefäss O, welches der Dampf durchströmt und erwärmt. Ein Hebel mit herabhängender Stange bewegt einen Regulirhahn. Damit die Leitung in ihrer Bewegung nicht gehindert wird, steht O auf vier kleinen Rädern, die auf der Schiene S laufen.

So lange das Condensationswasser in den Transmissionsröhren bleibt, soll es womöglich in der Richtung des durchströmenden Dampfes laufen; man giebt der Leitung ein Gefälle von 1 : 250. Die tiefsten Punkte werden mit einer Condensationswasserableitung versehen, wobei das Eindringen von Luft ängstlich zu vermeiden ist, da der Effect der Heizung hierdurch wesentlich geschwächt wird. Man hat aus diesem Grunde auch an den oberen Theilen der Leitung kleine Hähne anzubringen, um die Luft abzulassen; doch müssen die Röhren auch mit Rückfallventilen versehen sein, um bei eintretendem Vacuum die Luft einzulassen; man bringt etwa alle 20 m einen solchen Hahn an.

Einen Apparat zum Abwerfen des Condensationswassers, von Käuffer angewendet, zeigt Fig. 528. Gewöhnlich bedient man sich einer Uförmig gebogenen Röhre, hier aber ist eine Art Wassersack in die Leitung eingeschaltet, aus dem das Wasser durch die kleine Röhre abgeleitet wird.

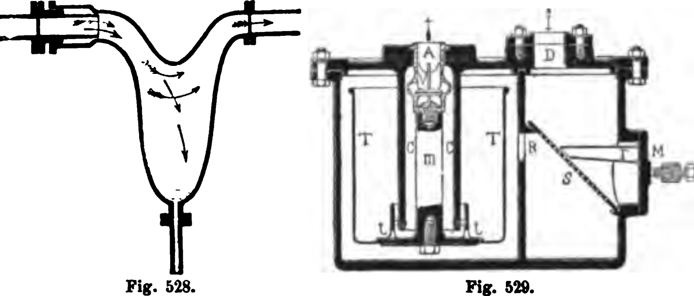


Fig. 528. Fig. 529.

Um grössere Mengen Wasser abzuleiten, bedient man sich der **Condensationstöpfe**, die von verschiedenen Dampfkessel-Armatur-Fabriken als Specialität gebaut werden. Einen solchen Dampfentwässerungsapparat von Blancke & Co. in Merseburg zeigt Fig. 529, und ist dessen Einrichtung so getroffen, dass bei D eintretender Dampf und Wasser zunächst in einen besonderen Behälter gelangt. In diesem befindet sich das Sieb S, welches mitgerissene Unreinigkeiten auffängt; dieselben werden durch ein Loch entfernt, welches mit dem Deckel M verschlossen ist; die hieran angegossene Rippe r hält das Sieb S in der richtigen Stellung. Das Wasser gelangt dann durch R in den anderen Behälter, wo der Topf T zum Schwimmen gebracht wird und infolge des Auftriebes den Abfluss A durch das Ventil V schliesst. Steigt das Wasser so hoch, dass es über den Rand des Topfes fliesst, so wird dieser schwerer, sinkt herab und lässt das Wasser infolge des Dampfdruckes durch die Löcher i und durch den Raum C aus dem Ventile treten, welches an m befestigt ist. V ist ein Doppelventil, das den Rücklauf des Wassers verhindert und, wenn kein Wasser im Topfe ist, den Dampfverlusten durch Anpressen des Ventiles an den oberen Sitz vorbeugt.

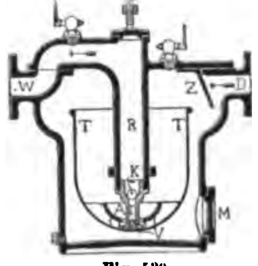


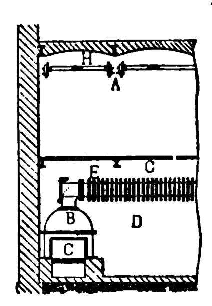
Fig. 530.

Einen verbesserten Kirchweger'schen Condensationstopf stellt Fig. 530 dar; derselbe wird von Trautschold & Rahusen in Sudenburg-Magdeburg ausgeführt. Bei D tritt Dampf zu, lässt Schmutztheile und Wasser an der Zunge Z herabsinken. Durch die grosse Erweiterung des Gefässes fällt auf einmal viel Wasser in den Topf T, der heraksinkt, sodass das Ventil V von R entfernt wird; der Dampf drückt dann das Wasser fort. Die Röhre R dient dem Topfe zu gleicher Zeit als Führung. Der Ventilsitz r wird durch den Einsatz A gehalten, dessen Gewicht vom Dampfdrucke abhängig ist. Den Rücklauf des Wassers verhindert das Kugelventil K.

Mehrere **Dampfheizungs-Projecte**, von R. Dörfel, Kirchberg i. Sachsen, entworfen, stellen Fig. 22—26, Taf. 4 dar. Die Beheizung einer mechanischen Weberei unter einem Sheddache veranschaulicht Fig. 24; bei *E* tritt der Dampf ein, bei *A* aus und durchströmt die Röhren R_1 bis R_4, welche einseitiges Gefälle haben, sodass die Rohrstränge an der Seite *H* des Websaales um 200 mm höher liegen als bei *T*. Hier sind auch die Wasserabführungsvorrichtungen, die Wassersäcke *S* und S_1, das Wasserabflussrohr *W* und der Condensationswasserableiter *R* angebracht. Inmitten der Leitung sind bei V_1 bis V_4 Luftventile aufgeschraubt; zur weiteren Erläuterung ist die Bewegung des Dampfes durch schwarz und weisse Pfeile, die des Wassers mit schwarzen Pfeilen angedeutet.

Die Grundrisszeichnung Fig. 25 veranschaulicht die Anordnung der Beheizung eines Trockenlocales bez. Rahmenhauses; man führt den Dampf bei *D* ein, bei D_1 aus. An der Seite *D*, D_1 liegen die Röhren höher als an der anderen, wo mit *W* der Wasserabfluss bezeichnet ist. Je zwei der Stränge der Dampfrohre *d* sind an der Krümmung mit einem Abflussrohre versehen, wie dies Fig. 26 zeigt, welche den Querschnitt *A B* darstellt. *R* bezeichnet eine selbstthätige Condensationswasserableitung. Ist das Rohrsystem in einer Etage aufgestellt, so erfolgt die Wasserabführung durch die Diele eine Etage tiefer, im Parterre ist dieselbe in einen Canal zu legen. Auf die zahlreichen Luftventile *v* wird hingewiesen und erwähnt, dass die Dampfführung wieder durch schwarz und weisse Pfeile, der Weg des Wassers durch schwarze Pfeile bezeichnet ist.

Die Disposition einer Dampfheizung für ein Gebäude aus mehreren Stockwerken wird durch Fig. 22—23 im Grundriss und Querschnitt vorgeführt. Für mehrstöckige Gebäude ist es zu empfehlen, den Dampf vom Kessel oder Vorwärmer direct nach dem höchsten Punkte zu leiten, von da aus abwärts zu führen, durch die sämmtlichen Locale zu leiten und am tiefsten Punkte ausmünden zu lassen. Daher kann man anwenden a. das Schlangenrohrsystem mit Steigrohr und b. das Steig- und Standrohrsystem. Letzteres ist das practischere, weil mittelst des senkrecht durch alle Stockwerke zu führenden Standrohres ermöglicht wird, jede Etage von der Beheizung mehr oder weniger auszuschliessen und die Wärmeabgabe zu reguliren, wozu Drosselklappen zu verwenden sind. Diese Anordnung stellen Fig. 22—23 dar. Das Schlangenrohrsystem ist das billigste und einfachste Verfahren, man führt dabei den Dampf im Schlangenweg ohne Unterbrechung durch sämmtliche Räume. Wie aus dem Grundrisse Fig. 22 ersichtlich, befinden sich in einer Ecke nahe dem Vorwärmer V_1 das Steigrohr *S*, das Fallrohr *F* und das Standrohr *B*; mit *R* ist die Condensationsableitung bezeichnet. Der Dampf geht dann im Standrohr in die Höhe, vertheilt sich in den Röhren *r* und strömt durch das Steigrohr aus. Mit *W* ist der Wasserabfluss, mit *V* sind Luftventile und mit *K* abschliessende Drosselklappen bezeichnet.



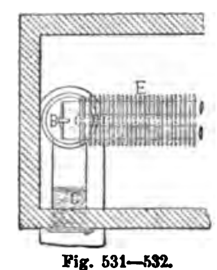


Fig. 531—532.

Die Ingenieure E. & P. Sée in Lille verwenden bei ihren Dampfheizungen **gerippte Röhren** in der Art der bei den Wasserheizungen betrachteten Batterien. Auf Taf. 4 ist durch Fig. 19 die Disposition einer Dampfheizung mit solchen Röhren vorgeführt, und sind dieselben einfach in dem zu beheizenden Raume herumgeführt. Da die Wärme abgebende Fläche durch die Rippen sehr viel grösser geworden, so kann infolge dessen die Rohrlänge reducirt werden.

Die Beheizung einer Trockenstube auf diese Art zeigen Fig. 531—532; im Keller *D* steht der Kessel *B*, dessen Feuerraum mit *C* bezeichnet ist; *E* sind die gerippten Röhren, von denen die Luft erwärmt wird, welche durch den durchbrochenen Boden *G* in den Raum *A* tritt, wo die zu trocknenden Gegenstände an den auf Rädern laufenden Stäben *H* aufgehängt werden.

6. Combinirte Heizungen.

Um die Vortheile des einen Heizsystems mit denen des anderen zu verbinden, hat man die Heizsysteme combinirt. So verwendet man Wasser- bez. Dampfheizung und Luftheizung. Man erwärmt hierbei Luft durch Spiralen, in denen sich warmes Wasser oder Dampf befindet. Die nunmehr warme Luft wird nach dem Princip der Luftheizung in die zu erwärmenden Räume geführt. Man erzielt so leichte und bequeme Ventilation und bei Warmwasser grosse Gleichmässigkeit der Erwärmung; bei Heisswasser und Dampf ist grössere Billigkeit und schnellere Erwärmung auf grosse Entfernungen zu rühmen.

Sehr häufig wird Wasser- und Dampfheizung angewendet und zwar in der Art, dass man den Dampf einer Heizungsanlage in sogenannten Wasseröfen sich condensiren lässt; auf diese Weise wird das Wasser erwärmt und erzeugt eine sehr gleichmässige Zimmertemperatur. Das überschüssige Condensationswasser fliesst ab und wird durch einen Injector zum Speisen des Kessels benutzt.

Einen **Dampfwasserofen** des Kaiserslauterner Eisenwerkes, vom Ingenieur Käuffer construirt, führt Fig. 533—534 vor. Um den Ofen reguliren zu können, ist die Heizfläche, in diesem Falle der Wasserinhalt, zu verkleinern und auf $^2/_3$, $^1/_2$, $^1/_4$ und 0 zu reduciren, daher fällt das oft lästige Rück-

schlagventil fort, weil die Regulirung durch den unteren Hahn besorgt wird. Die Grundrisse zeigen Rippenregister als Heizflächen in einen Mantel gestellt, in welcher Art sie auch in zweckmässiger Weise für Dampfluftheizung verwendet werden und dann im Keller stehen.

Eine andere Construction von Arnold und Schirmer zeigen Fig. 535—536. Der Ofen besteht aus Blech mit einem gerippten Kern c von Gusseisen. In dem so gebildeten cylindrischen Raume bb läuft eine Rohrspirale s, in der Dampf circulirt; s_1 s_1 sind die beiden von der Hauptleitung abzweigenden Rohre, die durch das Ventil v abgeschlossen werden. Die Füllung mit Wasser wird durch den Stutzen E bewirkt, während durch den Stutzen E_1 Luft abgeführt wird; beide zweigen von dem nach dem Expansionsreservoir führenden Rohre ab. Zwischen den Stutzen sind Absperrhähne eingeschaltet, und damit das Rohr E zugleich als Expansionsrohr dient, sind die Hähne durch eine Stange gekuppelt, sodass, wenn der untere geschlossen wird, der obere noch zur Häfte geöffnet bleibt; nur wenn der Ofen ganz ausser Betrieb gesetzt wird, ist das obere Ventil zu schliessen. Bei L tritt Luft in den Mantel des Ofens, zu deren Regulirung ein Schieber benützt wird.

Man rechnet überschläglich für einen solchen Ofen bei einer Temperaturdifferenz von $+20^0$ und -15^0 und einer Temperaturdifferenz von Wasser und Luft von $+90^0$ auf je 10 cbm Raum 0,25—0,4 qm und für 1 qm Ofenheizfläche 0,06—0,1 qm Fläche der Dampfspiralen.

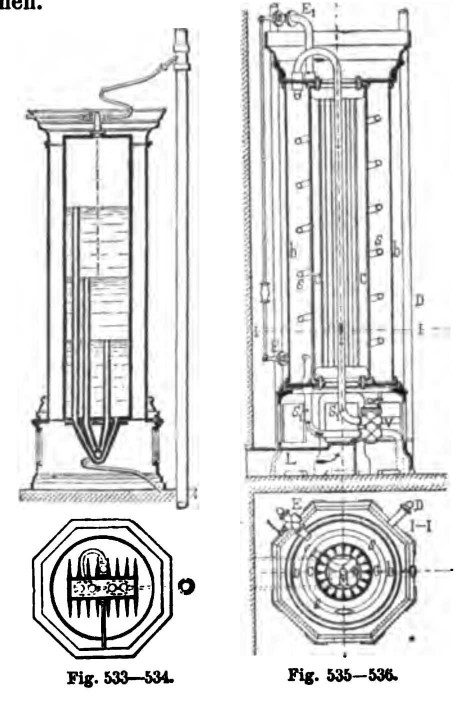


Fig. 533—534. Fig. 535—536.

B. Lüftung.

1. Beschaffenheit der atmosphärischen Luft; Eigenschaften derselben.

1. Der Kohlensäuregehalt der Luft.

Die reine atmosphärische Luft enthält dem Volumen nach 79 % Stickstoff und 21 % Sauerstoff, daneben aber auch 0,3—0,5 pro Mille Kohlensäure. 1 cbm Luft wiegt bei 0° und 760 mm Barometerstand 1,298 kg.

Der **Stickstoff** der Luft ist ein sehr indifferentes Gas und den Lungen durchaus unschädlich; er dient dazu, die zu lebhafte Verbrennung, wozu auch unser Lebensprocess zu rechnen ist, zu mildern und weniger heftig zu machen.

Als Quellen der **Luftverschlechterung** sind in den meisten Fällen der menschliche Transpirations-, Respirationsprocess und die Beleuchtung zu nennen; in Fabriken wirken die Fabrikationsmethoden häufig verschlechternd auf die Luft ein, indem sie Staub, giftige Gase u. s. w. bilden. Gegen diese meist durch das Auge oder den Geruch erkennbaren Verunreinigungen sind von vornherein Vorkehrungen zu treffen; im Allgemeinen gilt der Kohlensäuregehalt als das Maass der Verschlechterung, da derselbe sich nicht wie der Gehalt an organischen Substanzen der Controle entzieht, sondern leicht auf chemischem Wege zu ermitteln ist.

Pettenkofer giebt als Mittelwerth 0,7 ‰ an, doch kann die Luft in geschlossenen Räumen bei mässiger Ventilation und bei einem Gehalt von 1—1,5 ‰ noch gut erscheinen.

Die **Kohlensäureproduction** in Folge des Athmungsprocesses beträgt nach Versuchen von Pettenkofer im Zustande der Ruhe 465 l, während der Arbeit 652 l in 24 Stunden für eine ausgewachsene Person. Nach Erismann beläuft sich die Kohlensäureproduction aus der Beleuchtung herrührend auf nebenstehende Werthe.

Beleuchtungsart	Ständlicher Verbrauch in g	Ständlicher Verbrauch in l	Lichtstärke in Normalkerzen	Ständl. Kohlensäureproduction in l
Petroleum (Spaltbrenner) . .	35,5	0,045	10	56,8
„ (Rundbrenner) . .	50,5	0,064	7,6	61,6
Oellampe	22,4	0,025	ca. 4	31,2
Kerze	20,7	—	1	11,3
Steinkohlengas (Schnittbrenner)	—	140	7,8	92,8
„ (Flachbrenner) .	—	127	10	86,0

Aus vorstehender Tabelle ist zu ersehen, dass eine gute Petroleumlampe so viel Kohlensäure erzeugt, wie drei Menschen (ca. 60 l CO_2) und eine Gasflamme von 7,8 Normalkerzen, was einem Consum von 100 l Gas in der Stunde entspricht, die Luft ebenso verunreinigt, wie vier Menschen (ca. 80 l CO_2).

2. Der Wassergehalt der Luft.

Wasserdämpfe sind stets in der Atmosphäre enthalten; man nennt **absolute Feuchtigkeit** einer Luftmenge diejenige Gewichtsmenge Wasserdampf, welche in einem Cubikmeter Luft enthalten ist.

Relative Feuchtigkeit ist das Verhältniss der in einem Cubikmeter enthaltenen Wassermenge zu derjenigen, welche im Zustande der Sättigung in der Cubikeinheit Luft bei derselben Temperatur enthalten ist.

Die **Feuchtigkeitscapacitäten** der Luft sind in folgender Tabelle enthalten:

Grade n. Cels.	Maximal-feuchtigkeit in in 1 cbm Luft in g	Grade n. Cels.	Maximal-feuchtigkeit in in 1 cbm Luft in g	Grade n. Cels.	Maximal-feuchtigkeit in in 1 cbm Luft in g	Grade n. Cels.	Maximal-feuchtigkeit in in 1 cbm Luft in g
—20	1,57	—1	4,50	+ 9	8,82	+19	16,26
—10	2,30	0	4,89	10	9,38	20	17,53
— 9	2,50	+1	5,23	11	9,99	30	30,23
— 8	2,70	2	5,59	12	10,62	40	51,20
— 7	2,90	3	5,98	13	11,31	50	83,37
— 6	3,12	4	6,38	14	12,04	60	131,15
— 5	3,36	5	6,81	15	12,81	70	199,28
— 4	3,60	6	7,27	16	13,59	80	295,83
— 3	3,90	7	7,77	17	14,43	90	428,60
— 2	4,20	8	8,27	18	15,14	100	606,10

Bei 100° C. enthält also 1 cbm Luft 606,1 g Wasserdampf.

Man nimmt allgemein an, dass ein Feuchtigkeitsgehalt von 40—60 % der Maximalfeuchtigkeit am vortheilhaftesten und zuträglichsten ist. Wenn bei niedriger Temperatur vollkommen mit Wasserdampf gesättigte Luft in einem Heizapparate erwärmt wird, so vermindert sich der relative Feuchtigkeitsgehalt allerdings, der absolute Gehalt an Wasserdampf bleibt jedoch derselbe. Prof. Wolpert führt hierzu folgendes Beispiel in dem Anhange der Stäbe'schen Preisschrift an: Entnimmt man Luft von —20° und 100 % Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre und erwärmt sie auf +20°, so wird mit Hülfe der vorstehenden Tabelle und der Formel $s = \frac{1}{1 + at}$ der nunmehrige Feuchtigkeitsgehalt zu $\frac{1{,}57}{17{,}53} \cdot \frac{1}{1 + 0{,}003665 . 20} = 0{,}08$ oder 8 % ermittelt; die Art der Heizung ist vollständig gleichgültig. In solchen Fällen hat man künstliche Wasserverdunstung zu Hülfe zu nehmen, wenn die Mauern nicht noch von vorhergegangener feuchtwarmer Witterung Feuchtigkeit abzugeben haben. Bereits bei der Luftheizung gaben wir einige Andeutungen über **Wasserverdunstungsapparate**, aus einfachen offenen Wassergefässen in der Heizkammer bestehend; verbesserte Constructionen von Fischer & Stiehl in Essen führen wir durch Fig. 537—538 vor. In den Warmluftcanal W sind eine Anzahl flacher Gefässe G G_1 eingebaut, die auf Winkeleisen ruhen; füllt man die oberste Schale mit Wasser, so wird dasselbe durch das Rohr r überlaufen, die zweite anfüllen u. s. f. Die warme Luft muss dann über diese Gefässe hinwegstreichen und vermehrt so ihren Gehalt an Feuchtigkeit.

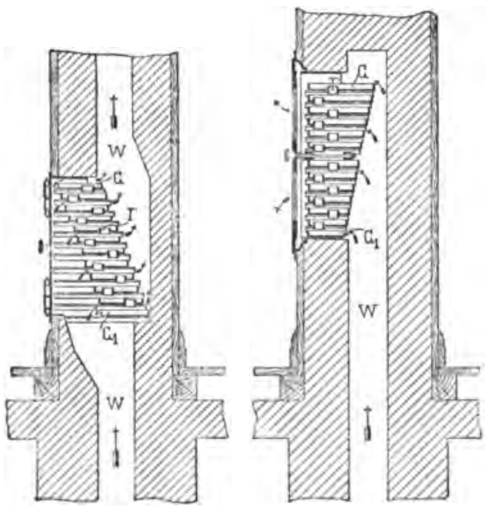


Fig. 537—538.

Ein anderer, sehr zweckmässiger, selbstregulirender Luftbefeuchtungsapparat ist von Rietschel und Henneberg, Berlin, erfunden, auf den wir nicht verfehlen, hinzuweisen.

Die Ermittelungen über den Feuchtigkeitsgehalt sind in Kopfhöhe bei mässiger Luftbewegung anzustellen. Man bedient sich dazu des **Procent-Hygrometers**, von denen die bekanntesten das Klinkerfuess'sche und das Koppe'sche Haarhygrometer und das Wolpert'sche Strohfaden-Hygrometer sind.

Die **Temperatur** der **Ventilationsluft** richtet sich nach der Temperaturverschiedenheit der inneren und äusseren Luft, also ob im Sommer oder im Winter gelüftet wird; im ersteren Falle wird man kalte, im letzteren Falle warme Luft einführen.

3. Die Fortbewegung der Luft.

Diejenige **Luftverdünnung**, welche durch Erwärmung ohne Veränderung der Spannkraft hervorgerufen wird, nennt man nach Wolpert relative, jede auf andere Weise erzeugte, mit der eine Verminderung der Spannkraft eintritt, absolute Luftverdünnung.

Ausfluss der Luft aus Canälen. Wenn H die Höhe der Canalmündung über dem Roste ist, a der Ausdehnungscoefficient $= 0{,}003663$, $1/a = \frac{1}{0{,}003663} = 273$, t die Temperatur der Aussenluft, T diejenige der Luft im Canale, $g = 9{,}81$, die Beschleunigung der Schwere, D der Durchmesser des runden bez. die Seite des quadratischen Querschnittes, k der Reibungscoefficient $= 0{,}0025$ für Metermass, L die Länge des Canales vom Rost bis zur Ausmündung, so ist nach Wolpert die Geschwindigkeit in der Secunde annähernd:

$$v = 0{,}5\sqrt{\frac{2gH(T-t)}{273+t}} \text{ für das Ausströmen warmer in kältere Luft,}$$

$$v_1 = 0{,}5\sqrt{\frac{2gH(T-t)}{273+T}} \text{ für den Ausfluss kalter in wärmere Luft.}$$

Diese Formeln sind für Ueberschlagsrechnungen zu gebrauchen; genauere Resultate erhält man durch die Gleichungen:

$$v = \sqrt{\frac{2gH(T-t)D}{(273+t)(D+2gkL)}};\quad v_1 = \sqrt{\frac{2gH(T-t)D}{(273+T)(D+2gkL)}}.$$

Nach Ahrendts' „Ventilation geheizter Räume" ist:

$$1)\ D^4 = \frac{Q^2}{2gaHt};\quad 2)\ D^5 = \frac{Q^2(D+2gkL)}{2gaHt},$$

worin Q das in der Sec. zu fördernde Luftquantum, alle anderen Zeichen dasselbe wie obenstehend bedeuten. Man berechnet nun D aus Gleichung 1, setzt diesen Werth in Gleichung 2 ein und erhält so einen genaueren Werth für D, den Durchmesser bez. die Seite des Querschnittes.

4. Der Bedarf an frischer Luft.

Das Ventilationsquantum richtet sich nach der Art der Benutzung des zu ventilirenden Raumes und dem Procentsatze der zulässigen Verunreinigung. Die erforderliche Luftmenge V ermittelt man, wenn n die Anzahl der Kubikmeter Kohlensäure, die durch den Athmungsprocess und die Beleuchtung erzeugt werden, p der Grenzwerth für den Kohlensäuregehalt, also 1—1,5 ‰, a der Gehalt der Atmosphäre an Kohlensäure = 0,3—0,5 ‰ (gewöhnlich 0,0005) und k den pro Kopf sich ergebenden Luftkubus bezeichnet, zu: $V = \frac{n}{p-a} - k$. Je nachdem man p annimmt, ist V verschieden.

Der Bedarf an reiner Luft ist nach Morin pro Kopf und Stunde:

In Hospitälern für nicht ansteckende Krankheiten	70—100 cbm
„ „ für epidemische Krankheiten	150 „
„ Gefängnissen	50 „
„ Werkstätten	60 „
„ „ (ungesunde)	100 „
„ Casernen (Nachts)	40—50 „
„ Theater und Sälen	40—50 „
„ Schulen	15—30 „
„ „ für Erwachsene (Abends)	bis 35 „
„ Ställen	100—200 „

Für gewöhnliche Zimmer genügen 15—20 cbm Luft pro Kopf und Stunde; für Schlafzimmer hat man den Bedarf auf 40 cbm zu erhöhen; wenn Schlafzimmer zu gewissen Zeiten als Krankenzimmer benutzt werden, so sind 60—100 cbm reine Luft einzuführen. Bei 3,2 m Höhe genügt ein Wohnraum von 16 qm Grundfläche für eine Person, ohne dass künstliche Ventilation erforderlich ist. Es ist dies eine Folge der Permeabilität des Baumaterials, wodurch in den Gebäuden ohne äusserliches Zuthun ein Luftaustausch erzeugt wird; die Durchlässigkeit hängt von der Porosität und dem Feuchtigkeitsgehalte der Mauersteine ab. Die Permeabilität wird durch Tapeten, Oelfarben- und Wasserglasanstrich auf die Hälfte reducirt; Leimfarben sind je nach dem Gehalt an Leim wirksam. Angestellte Versuche ergaben keine practischen Resultate; an Dr. Pettenkofer's Arbeitszimmer wurde gefunden, dass

durch 1 qm Wandfläche bei 1° Temperaturdifferenz 0,245 cbm Luft in der Stunde hindurch gingen, welcher Werth als ungefähre Angabe dienen mag.

Bei wenigen Flammen und guter Ventilation kann man die für die Unterhaltung der ersteren nöthige Luft vernachlässigen. Der Luftbedarf pro Stunde und Flamme beträgt:

bei Gasbeleuchtung (Verbrauch 0,1 cbm) . . .	26	cbm	Luft,
„ Stearin und Wachskerzen	6	„	„
„ Talgkerzen (Verbrauch von 0,01 kg pro Stunde)	1,66	„	„
„ Lampen mit starker Flamme	24	„	„

2. Anlage der Lüftungs-Einrichtungen.

1. Die verschiedenen Methoden der Lüftungs-Einrichtungen.

Man unterscheidet gewöhnlich zwei Arten von Lüftung, das Pulsions- und das Aspirationssystem. Bei ersterem werden durch Motoren betriebene Ventilatoren benutzt, die den Luftwechsel durch Eintreiben frischer (eigentl. Pulsion) oder Absaugen der verdorbenen Luft (Suction) bewirken. Beim Aspirationssystem, das man auch häufig als „natürliches Ventilationssystem" bezeichnet, wird das durch Temperaturänderungen gestörte Gleichgewicht der Luft benutzt; hierher ist zu rechnen: die Ventilation mit Hilfe des natürlichen Windes oder relativer Luftbewegung und die Anwendung der Aspirationsschornsteine. Man erhält auf folgende Weise einen Ueberblick über die verschiedenen Ventilations-Methoden:

a. Lüftung mit Hilfe des natürlichen Windes oder relativer Luftbewegung.

1. Das Eintreiben der Aussenluft ist im allgemeinen als mangelhaft zu bezeichnen, doch können hierauf fussende Vorrichtungen in einzelnen Fällen bei Kellern, Magazinen, Schiffsräumen vortheilhaft erscheinen.

2. Das Absaugen der Innenluft wird vielfach mit Vortheil benutzt; die relative Bewegung zum Lüften der Eisenbahnwagen; die saugende Wirkung des Windes macht man mittelst der Luftsauger (s. diese in Feuerungsanlagen S. 63) nutzbar.

3. Gleichzeitiges Eintreiben und Absaugen ist da am Platze, wo ein beständiger Luftwechsel nicht erforderlich ist, und wo weder Maschinen noch Feuerungen angebracht werden können (Pulvermagazine).

b. Lüftung durch künstlich erzeugte Temperaturdifferenz.

4. Einführung kalter Aussenluft kommt bei Mantel- und Röhrenöfen zur Anwendung, ist aber einseitig, da sich die wärmste und reinste Luft an der Decke ansammelt, und eine gleiche Menge Luft durch zufällige Oeffnungen, namentlich in der oberen Zimmerhälfte, verdrängt werden muss, ohne genügend ausgenutzt zu sein, während in den unteren Schichten die Luft kalt und schlecht bleibt; die Wirkung der Lüftung ist von der Grösse der zufälligen Oeffnungen abhängig.

5. Abführen der Innenluft findet statt bei Verwendung einer offenen Röhre in der Decke, eines Ventilationsschornsteines mit Benutzung der zur Beleuchtung dienenden Gasflamme oder eines Bunsenbrenners. Man kann sich auch vorhandener Schornsteine bedienen, doch sind Vorrichtungen anzubringen, sodass der Luftzug nur eine Richtung einschlagen kann. Diese Methode ist bei der Einfachheit der Anlage sehr wirksam.

6. Gleichzeitiges Ein- und Abführen. Unter diese Abtheilung gehören alle vollständigen mit Zu- und Abfluss versehenen Heizungen; letzterer soll durch einen besonderen warmen Ventilationsschornstein bewirkt werden, indem man doppelte Oeffnungen oben und unten anbringt, und diese je nach Bedarf benutzt.

c. Lüftung durch Ventilatoren.

7. Eintreiben der Aussenluft eignet sich bei vorhandenem Motor und für die Fälle, wo constant eine grosse Menge Luft, die den Umständen nach zu steigern ist, eingeführt werden muss. Die Zuführungsöffnungen befinden sich bei einer mit Heisswasserheizung ausgeführten Ventilationseinrichtung am Fussboden, die Abflussöffnungen mit grösserem Gesammtquerschnitt über dem Saalgesims; die Bewegungsrichtung geht also von oben nach unten. Die frische Luft wird in die Heizapparate gepresst und durch einen Seitencanal mit frischer, kalter Luft gemischt. (Concertsaalbau in Frankfurt a. M.)

8. Absaugen der Innenluft. Infolge des Absaugens entsteht in den Räumen eine geringe absolute Luftverdünnung, wodurch das Einströmen von Luft aus benachbarten Räumen, wo dieselbe nicht immer ganz rein ist, begünstigt wird. Durch geschickte Anlage der Einflusscanäle kann man den Uebelstand bis auf ein geringes Mass herabziehen: Ein auf relativer Luftverdünnung beruhender Aspirationsschornstein vermeidet diesen Uebelstand fast ganz.

9. Beim gleichzeitigen Eintreiben und Absaugen wird Luft in die Heizkammern gepresst, gelangt dann in die Räume und wird durch einen im Dachraum stehenden Ventilator abgesaugt. Die grossartigsten Heizungs- und Ventilationsanlagen sind auf diese Art ausgeführt.

Combinationen der angeführten Einrichtungen sind leicht ausführbar, beschränken sich aber zumeist auf eine Verbindung der Lüftung durch Maschinen mit der Aspiration.

2. Die Ein- und Ausströmungsöffnungen.

Die **Grösse** der Oeffnungen richtet sich nach der Geschwindigkeit, welche die Luft beim Austreten oder Abfliessen annehmen darf. Bei einer Geschwindigkeit der Luft von $v = 1$ m wird noch kein Zug gefühlt, wenn die Luft von der Seite und unter der Decke eines Zimmers von 4—5 m Höhe eingeführt wird. Sinkt die Luft von oben nach unten in verticaler Richtung, so soll die Geschwindigkeit $v = 0{,}5$ m betragen. Bei Einführung der Luft über Kopfhöhe, schräg nach oben gerichtet, kann $v = 1$—2 m werden. Hierbei ist zu beachten, dass der reine Querschnitt (Summe der Oeffnungen im Gitter u. s. w.) einen grösseren Werth hat als der Flächeninhalt des Zuführungscanales. Die Abführungsöffnungen entsprechen natürlich den aufgezählten Fällen.

Die **Lage** der Ein- und Ausströmungsöffnungen (vergl. Wolpert, Stäbe's Preisschrift über nat. Ventilation) ist ebenfalls sehr wichtig; was zunächst die Höhenlage anbetrifft, so hat man zwischen Sommer- und Winterventilation zu unterscheiden, da bei ersterer kalte, bei letzterer warme Luft eingeführt wird. Bei Winterventilation und Einführung warmer Luft hat man die Oeffnungen 1,8—2 m über den Boden zu legen, damit man von dem Luftstrom nicht mehr getroffen wird; die Abführung erfolgt auf der entgegengesetzten Seite am Boden des Zimmers, wie dies Fig. 539 andeutet. Vereinigt man Sommer- und Winterventilation, so hat man den Abflusscanal mit 2 Oeffnungen *a* und *b* (Fig. 540) zu versehen; im Sommer lüftet man, wenn *b* offen, *a* geschlossen, im Winter, wenn *a* offen und *b* geschlossen.

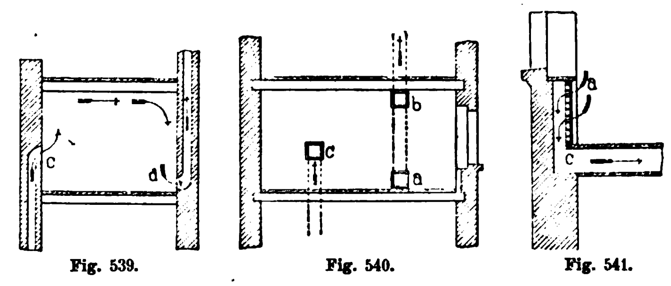


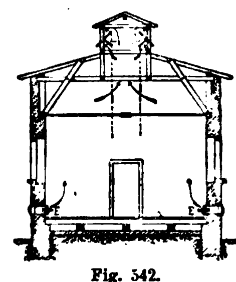
Fig. 539. Fig. 540. Fig. 541.

Im Fussboden oder von der Nähe des Fussbodens aus wird warme Luft vielfach vertheilt eingeführt, wenn die Geschwindigkeit des Luftstromes sehr gering ist. Breitet sich dann infolge der Benutzung des Raumes die reine, warme Luft unter der Decke aus, so bringt man die Abführungscanäle am Fussboden an (Fig. 541).

Bei vielfacher Vertheilung der einfliessenden Luft am Fussboden findet der Abfluss an der Decke statt, mag die einströmende Luft wärmer oder kälter als die des Raumes sein; diese Anordnung ist sehr zu empfehlen.

Wird reine, kalte Luft dem warmen Raume im vollen Strome zugeführt und zwar an der Decke in verticaler Richtung, so ist die Mündung des Abflusscanales an der Decke anzubringen oder in bedeutender Höhe über dem Fussboden. Der heftige, nach abwärts gerichtete kalte Luftstrom wird durch schüsselförmige Rosetten oder ähnliche Vorrichtungen abgelenkt; die Ausflussöffnung ist hierbei in gehöriger Entfernung von der Einströmungsöffnung anzubringen. Da das Luftgemisch überall ziemlich gleich ist, so kann man die Abführung ebenso gut am Fussboden als in irgend einer anderen Höhe anbringen.

Wird die Luft durch die Körperwärme und die Beleuchtung so stark erwärmt, dass kältere Luft als die des zu lüftenden Raumes eingeführt werden muss, so wird an der Decke abgeführt; der Zufluss ist zweckmässig so anzuordnen, dass man kurze, vertical aufwärts gerichtete Röhren anbringt, aus denen die frische Luft ausströmt; die Zuführung kann übrigens in beliebiger Höhe bewirkt werden; Fig. 542 zeigt, wie dies am Fussboden bewerkstelligt wird. Wenn man vielfach vertheilte Zuführungscanäle für kalte Luft an der Decke anordnet, so werden die Strömungen entgegengesetzt gerichtet sein und wird eine innige Mischung der Luftmassen stattfinden; die Abführung kann in diesem übrigens nicht zu empfehlenden Falle beliebig bewirkt werden, da auch auf diese Weise das Luftgemisch überall gleich wird.


Fig. 542.

Die Lage der Mündungen der Canäle in horizontaler Richtung ist so anzuordnen, dass die Abflussöffnung mit der Zuflussöffnung an derselben Wand in einer Verticalen liegt, wenn die warme Luft als voller Strom in 2 m Höhe über dem Fussboden eingeführt wird; dasselbe gilt auch, wenn der Strom nicht voll, sondern vielfach über die Wand vertheilt ist.

Führt man kalte Luft in einen abzukühlenden Raum ein, so befinden sich die Abflussöffnungen zweckmässig an der gegenüberliegenden Mittelmauer; die diagonale oder diametrale Lage der Oeffnungen ist also nur für diesen Fall anwendbar.

Nach den verschiedenen erörterten Gesichtspunkten ist die Anlage der **Aus- und Einströmungsöffnungen** zu betrachten, die meistens für jeden vorliegenden Fall verschieden sind.

3. Die practische Ausführung der Ein- und Ausströmungsöffnungen.

Rosetten für Einlassöffnungen zeigt Fig. 543; vorn vor der Mauer ist der durchbrochene Theil *a* angebracht, innen das Stück *b*, in dem sich eine Schraube befindet, mit deren Hilfe der Verschluss *c* in grösseren oder geringeren Abstand von *b* zu bringen ist, wodurch man den Eintrittsquerschnitt regulirt.

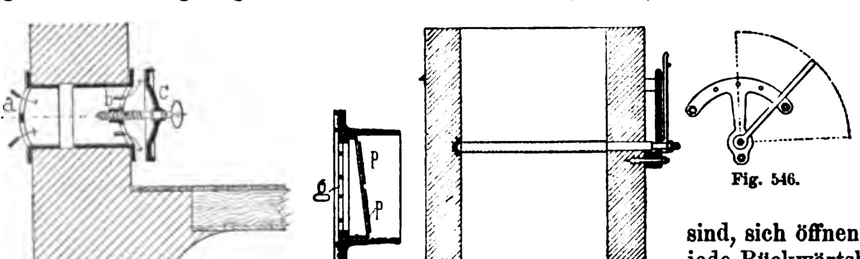


Fig. 543. Fig. 544. Fig. 545. Fig. 546.

Ein **Auslassventil** in einem Schornstein oder Aspirationsschacht, welches zugleich ein Zurücktreten des Rauches verhindert, stellt Fig. 544 dar; *p* bedeuten Glimmerventile, die für jede Luftbewegung von innen nach aussen empfindlich sind, sich öffnen und die Luft herauslassen, aber jede Rückwärtsbewegung unmöglich machen.

Das Eisenwerk Kaiserslautern führt verschiedene hierhergehörige Constructionen aus; so veranschaulichen Fig. 545 u. 546 eine **Regulirungsklappe.** Ein äusserer Handgriff dient zum Stellen und zum Erkennen des Standes der Klappe.

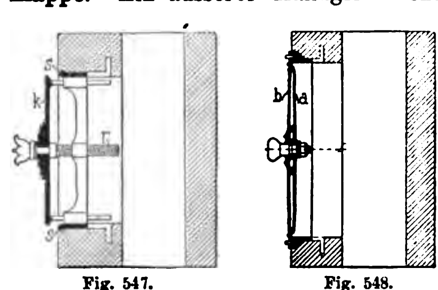


Fig. 547. Fig. 548.

Oeffnungsverschlüsse bringen Fig. 547 u. 548 zur Anschauung; der Canal wird dadurch geschlossen, dass die Platte *k* gegen den Sitz *s* gepresst wird, sobald man die Schraube *r* dreht. Fig. 548 ist eine Drehklappe mit durchbrochener Fläche; Oeffnungen sind sowohl in *a* als in *b* enthalten, derart, dass die Füllungen von *a* beim Drehen die Lücken in *b* bedecken. Der letztere Theil ist fest und mit geeigneten Flanschen in der Mauer befestigt.

Einen **Schieber**, vom Ingenieur Paul erfunden und von uns der Zeitschrift des Oesterr. Architekten- und Ingenieurvereins von 1878 entnommen, stellt Fig. 549 dar. *AA* ist ein Gusseisenrahmen, *c* und *b* sind Schutzbleche, *ff* ein ebensolches von Schmiedeeisen, *a* ist die Klappe, welche durch den Knauf *e* zu verschieben ist, und *d* ein Schutzgitter. An dem gusseisernen Rahmen ist eine Scala angebracht, mit deren Theilstrichen die Klappe am unteren Ende abschliessen muss.

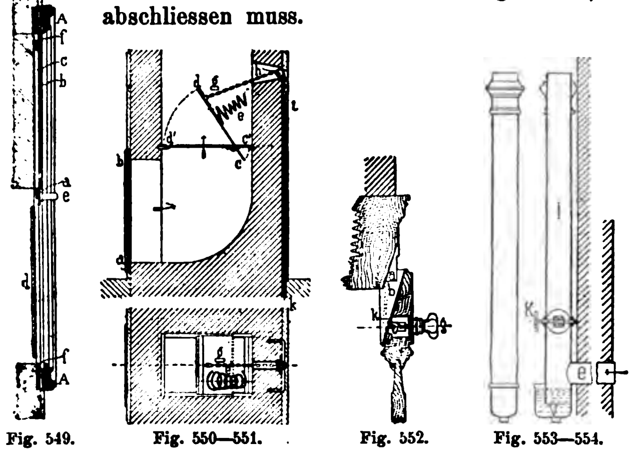


Fig. 549. Fig. 550—551. Fig. 552. Fig. 553—554.

Eine Einrichtung zur **Regulirung** in einem Ventilationsschacht lassen Fig. 550 u. 551 erkennen und ist mit *ab* das Gitter, mit *c'd'* die Befestigung in der Mauer und mit *cd* die Klappe bezeichnet, welche durch das auf dem Corridor befindliche Gewicht *i* ausbalancirt ist. *h* ist eine Leitrolle für die Kette *g*, während die Spiralfeder *e* dafür sorgt, dass die Klappe sich unter allen Umständen schliesst.

Ventilationsklappen für Zimmerthüren sind von A. Müller, Cöln, construirt; wie aus Fig. 552 hervorgeht, kann durch Bewegen der Schraube *g* die Klappe *b* dem Falz *a* mehr oder weniger genähert werden, wodurch der freie Querschnitt grösser oder kleiner wird.

Zum Einführen der kalten Luft benutzt Löhnholdt in Frankfurt eine verticale Röhre, wie Fig. 553 u. 554 zeigen; die Regulirung wird durch eine Drosselklappe *k* bewirkt und das Wassergefäss *v* soll zur Anfeuchtung relativ trockener Luft dienen.

4. Lüftung mit Aspirationscanälen.

Die **Aspirationscanäle** sind Luftschachte, in denen durch eine Wärmequelle die in ihnen enthaltene Luftsäule in Bewegung gesetzt wird; am oberen Ende sind dieselben meist mit einem Luftsauger, wie wir auf S. 63 vorgeführt haben, versehen.

Am bequemsten und einfachsten heizt man einen Aspirationsschacht mit Gas mit Hilfe eines

mit nichtleuchtender Flamme brennenden Bunsen'schen Brenners. Man kann annehmen, dass eine solche Flamme 0,15—0,22 cbm Gas gebraucht; mit 1 cbm verbrannten Gases kann man 600—800 cbm Luft fortschaffen. Fig. 555 zeigt eine solche Anordnung; der Brenner ist gerade vor der Oeffnung im Schornstein angebracht, die durch ein Register zu schliessen ist; durch Aufsteigen der erwärmten Luft im Schachte wird diejenige des Zimmers entfernt.

Bei der Löhnholdt'schen Einrichtung (Fig. 556) ist vor dem Canal *K* eine durch eine Gasflamme erwärmte Heizkammer *H* angebracht; *B* ist der Abzugscanal, dessen Querschnitt durch die Klappe *n* vergrössert oder verkleinert werden kann. Die Verbrennungsproducte der Gasflamme ziehen fortwährend in der Richtung nach *c* ab. Um für stark frequentirte Räume, Fabriksäle u. s. w. eine kräftigere Lüftung zu erzielen, wendet die genannte Firma die durch Fig. 557 u. 558 dargestellte Vorrichtung an. Aus zwei benachbarten Zimmern *A* und *B* wird verdorbene Luft in einen gemeinschaftlichen Canal *C* geleitet, und zwar ist die Einrichtung so getroffen, dass in einer cylindrischen Röhre *h* ein Brenner *f* angebracht ist, auf dem eine Düse *d* sitzt, aus deren Oeffnung *s* die Verbrennungsproducte mit grosser Geschwindigkeit in das Rohr *r* strömen. Nach dem Princip des Injectors werden hierdurch die die Düse umgebenden Lufttheilchen mitgerissen und so wird eine bessere Wirkung erzielt, als wenn man nur die Temperaturdifferenz benutzt. Der Raum *A* hat 3 Abströmungsöffnungen *K*, das Zimmer *B* zwei derselben, deren Weite durch Klappen zu reguliren ist.

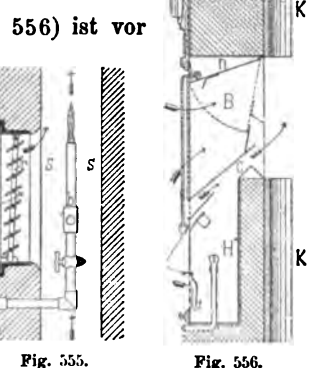


Fig. 555. Fig. 556.

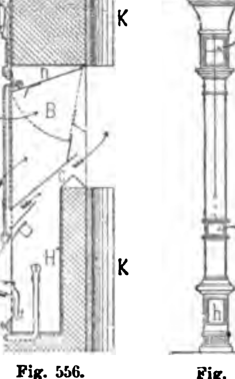


Fig. 557—558.

Die infolge der **Beleuchtung** producirte Wärme lässt sich in sehr zweckmässiger Weise zur Ventilation verwenden; so werden Sonnenbrenner und Ventilationsgloben verwendet und zeigt einen der letzteren Fig. 559. In der Regel brennt das durch das Rohr *g* zugeführte Gas in einem Glascylinder *a*; ebendaselbst tritt die zur Verbrennung erforderliche Luft in der durch die Pfeile angedeuteten Richtung hinzu. Die Verbrennungsproducte ziehen im Rohre *cc* ab, welches ins Freie mündet. Da das Gasgemisch in *c* erheblich wärmer als die Zimmertemperatur ist, so wird in der Richtung der Pfeile *r* noch beträchtlich verdorbene Luft aus dem Zimmer durch den erwärmten Schacht abgeführt werden.

Fig. 559.

In jüngster Zeit sind die **Sonnenbrenner** für grössere Localitäten sehr in Aufnahme gekommen; bei diesen Constructionen befinden sich Schnitt- oder Zweilochbrenner in solcher Stellung, dass die Flammen sich berühren; ein zu einer Saugesse ausgebildeter Schirm reflectirt das Licht und führt die Gase ab.

Durch Fig. 560 u. 561 werden zwei solcher Einrichtungen in schematischen Skizzen vorgeführt, in denen mit *b b* die Brenner, mit *g* das Gasrohr bezeichnet ist. Der die Zimmerluft abführende Schirm *d* wird zu dem Rohr *a a* ausgebildet und

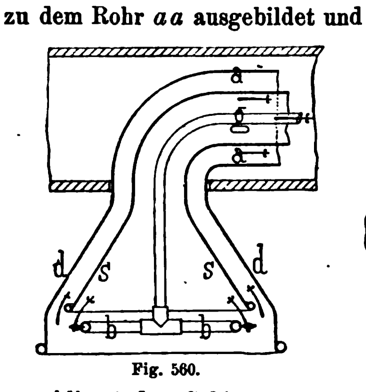


Fig. 560.

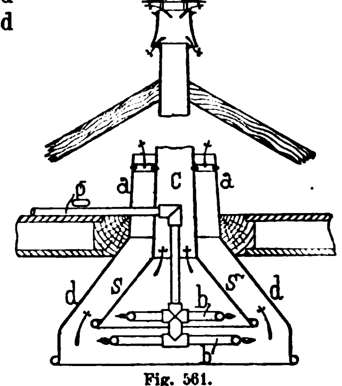


Fig. 561.

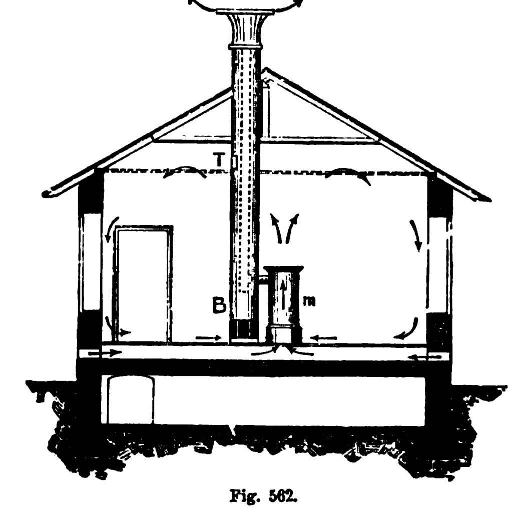


Fig. 562.

umschliesst den Schirm *s*, dessen Fortsetzung der Schacht *c* ist, in dem grösstentheils nur Verbrennungsproducte abziehen.

Sehr zu empfehlen ist auch die Benutzung der **Ofenrohre** bei **Stubenheizungen** zum **Lüften** der Zimmer. So hat das Kaiserslauterner Eisenwerk für Barackenheizung die durch Fig. 562 ver-

anschaulichte Anordnung verwendet; der Circulationsofen *m* steht mitten im Raume; das Ofenrohr führt in einem blechernen Aspirationsschacht *B* zum Dache hinaus, wo dasselbe mit einem Luftsauger gekrönt ist. Die Oeffnung *T* dient zum Reinigen des Ofenrohres, die Register unterhalb *B* zum Ansaugen der verdorbenen Luft.

In derselben Art führt Geburth in Wien seine Ventilationseinrichtungen auf dreierlei Weise aus. Die erste Einrichtung stellen Fig. 563 u. 564 dar; *a* ist ein Circulationsofen, *b* der Canal für frische Luft, aus dem dieselbe kalt durch die Register *g* oder im Ofen erwärmt ins Zimmer tritt; die Regulirung wird durch das Register *g* bewirkt. Eine ebensolche Vorrichtung ist bei *h* angebracht, welche Zimmerluft in den das Ofenrohr *c* umschliessenden Aspirationsschacht *d* führt, von wo aus weitere Ableitung in den Schornstein *k* stattfindet.



Einige Abänderungen zeigen Fig. 565—566, wo das Ofenrohr halb in den Schornstein eingebaut ist, und Fig. 567—568; in letzterer Anordnung ist das Ventilationsrohr verkürzt.

Statt der Ofenröhren benutzt man auch **Dampf-** oder **Heisswasserschlangen** und **Warmwasserbatterieen**, um die Aspirationsschornsteine zu erwärmen; so zeigen Fig. 569 u. 570 und Fig. 571 u. 572 einige derartige Anordnungen.

Fig. 563—564. Fig. 565—566. Fig. 567—568.

Ist die zur Ventilation erforderliche Wärmemenge bedeutend und eine ständige Lüftung erforderlich, so baut man ganze **Feuerungsanlagen** an oder in den Aspirationsschornstein, wie in Fig. 573 u. 574 skizzirt; erstere Anordnung ist für die Lüftung einer Abortsgrube bestimmt. *a* ist das Rohr für die Auswurfstoffe, *g* die Senkgrube, *s* der Aspirationsschacht, in den das Ofenrohr *o* einmündet.

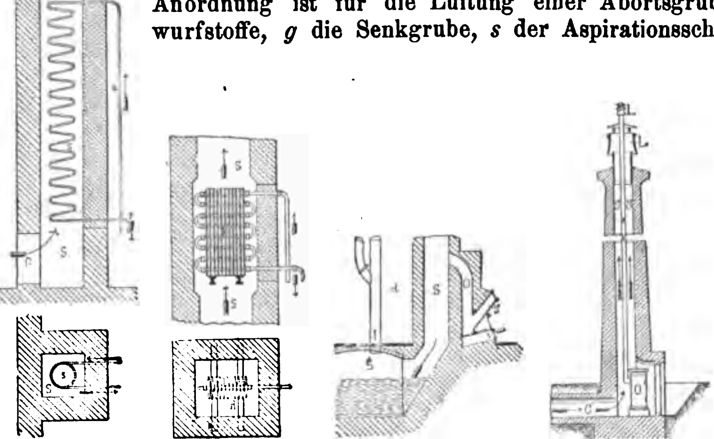


Fig. 569—570. Fig. 571—572. Fig. 573. Fig. 574.

5. Lüftung durch Pulsion oder Suction.

Wie bereits angedeutet, kommt Lüftung mit Ventilatoren, die durch Maschinen betrieben werden, nur vor bei grossen, ausgedehnten Gebäuden oder Fabriken, wo ungesunde Dämpfe entwickelt werden, und da, wo eine ganz bestimmte Luftmenge befördert werden soll, denn die Ventilation mit Maschinen ist das zuverlässigste System, während die auf Temperaturdifferenz beruhende Aspiration in heissen Sommern oft versagt. Man lässt gewöhnlich sämmtliche Sammelcanäle in einen gemeinschaftlichen Canal zusammengehen und saugt aus diesem die Luft durch einen von einem Motor betriebenen Ventilator ab. Erhöht wird die Wirkung, wenn die abziehende Luft wärmer als die äussere ist. Im umgekehrten Falle kann man auch die Luft durch Ventilatoren eintreiben, wie dies Fig. 575 schematisch andeutet. *S* ist der Sammelschacht für frische Luft, in einem Garten etc. errichtet, *M* das Maschinenhaus, *V* der Ventilator im Sammelcanale, *C* sind die Eintrittscanäle und *A* diejenigen des Austrittes.

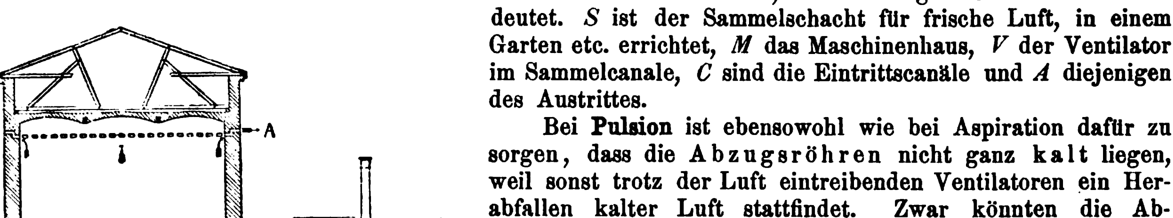


Fig. 575.

Bei **Pulsion** ist ebensowohl wie bei Aspiration dafür zu sorgen, dass die Abzugsröhren nicht ganz kalt liegen, weil sonst trotz der Luft eintreibenden Ventilatoren ein Herabfallen kalter Luft stattfindet. Zwar könnten die Abführungscanäle infolge der Permeabilität der Wände ganz fortfallen, doch ist es sicher besser, der Luft durch warmliegende Abzugscanäle ihren Weg vorzuschreiben. Es empfiehlt sich auch immer, eine mässige Aspiration anzuwenden, deren Wirkung durch eine Krönung mit einem Luftsauger zu vergrössern ist.

Die zum Eintreiben benutzten Ventilatoren sind dieselben, die zu Gebläsen der verschiedensten Art benutzt werden; wir verweisen in Betreff der Construction und Ausführung derselben auf die Abschnitte: Bewegungsmechanismen und Gebläse etc. Bd. I.; auch auf S. 24, Bd. III. sind schon einige Rotationsventilatoren abgebildet.

Die **maschinellen Theile** einer Ventilationsheizung mit Heisswasserröhren (System Bacon) werden durch Fig. 576 u. 577 erläutert. Es bezeichnet *K* den Kessel, welcher Dampf für die Maschine *M* liefert, wodurch die Welle *W* mit dem darauf befindlichen Ventilator *V* in Umdrehung versetzt wird. Die durch denselben zwischen die Heisswasser-Heizröhren *R* gepresste Luft wird durch den Canal *L* angesaugt und zieht im erwärmten Zustande durch L_1 in die Zimmer. *J* ist der Feuerraum, in dem ein Theil der Rohrspiralen liegt, und *s* der Schornstein; mit *G* ist das Expansionsgefäss der Heisswasserheizung bezeichnet.

Fig. 576 - 577.

3. Heizung in Verbindung mit Lüftung.

1. Ventilation in Verbindung mit Luftheizung.

Eine **Luftheizung** mit **Ventilation**, für ein Wohnhaus bestimmt stellen, Fig. 8 — 13 auf Taf. IV dar, welche von F. Kaufmann, Ludwigshafen, ausgeführt ist. Das Gebäude ist zweistöckig; in Fig. 9 ist der Grundriss der ersten, in Fig. 10 derjenige der zweiten Etage gezeichnet; Fig. 12 ist das Kellergeschoss. Die Canäle der Heizkammer lässt Fig. 11 deutlich erkennen, und Fig. 13, die Schnitte *xy* zeigend, ergänzt die Skizze. Fig. 8 bringt einen Querschnitt hinsichtlich der Linie *AB* zur Anschauung.

Es bezeichnet nun:

I. den Heizraum,	VI. das Arbeitszimmer,	XI. die Speisekammer,
II. den Raum für Brennmaterial,	VII. das Wohnzimmer,	XII. ein Closet,
III. den Wirthschaftskeller,	VIII. das Speisezimmer,	XIII. Gesellschaftszimmer,
IV. die Flur,	IX. die Flur,	XIV. Schlafzimmer,
V. das Entrée,	X. die Küche,	XV. Fremdenzimmer.

k ist der Kamin zur Abführung des Rauches aus dem Heizapparat, *s* der Küchenschornstein.

Kalte, frische Luft strömt durch den Canal *f* in den Heizraum *h*, erwärmt sich dort und tritt dann in die Vertheilungscanäle *e*. Die Heizcanäle 1_a bis 3_a leiten die warme Luft nach dem Parterre, 1_b bis 6_b nach der ersten Etage.

Verdorbene Luft entweicht aus den mit Luftsaugern versehenen Ventilationsschachten; v_1 bis v_3 sind für das Parterre, v_a bis v_f für die erste Etage. Jeder Schacht hat zwei Oeffnungen, die eine 0,2 m von der Decke für Sommerventilation und eine andere 0,4 m über dem Fussboden für Winterventilation. Die Canäle haben folgende Dimensionen:

1_a, 2_a = 16 × 31 cm	6_b = 16 × 21 cm
3_a, 1_b, 4_b = 16 × 26 cm	v_1, v_c, v_e = 21 × 16 cm
2_b, 5_b = 16 × 16 cm	v_2, v_3, v_a, v_b = 16 × 26 cm
3_b = 16 × 19 cm	v_d, v_f = 16 × 21 cm.

Die **Luftheizung** in Verbindung mit **Ventilation**, welche an den Pavillonbauten des Dresdener Krankenhauses ausgeführt, und deren Beschreibung der Deutschen Bauzeitung von 1872 entlehnt ist, zeigen Fig. 2—7; es dürfte diese Anlage für ungesunde Werkstätten viel Nachahmungswerthes bieten.

Der Unterbau, der in Fig. 7 im Grundriss abgebildet, ist, wie die Quer- und Längsschnitte Fig. 2 und 5 erkennen lassen, bis auf 2,75 m Höhe massiv in Sandstein gewölbt und vollständig isolirt. Der Fussboden des Oberbaues besteht aus Holz, welches Material nur nicht über den Heizkammern zur Anwendung gekommen und das zur besseren Conservirung in Salz und Schlacke gelagert ist.

Das Dach ist als Hängewerk ausgeführt und die Fläche zwischen je zwei Hängesäulen durch Leersparren in zwei Felder getheilt; diese sind im Raume mit 3 mm starker Pappe verkleidet, die auf der sichtbaren Seite mit Oel, auf der Rückseite mit Asphaltlack gestrichen ist. Der nun folgende Hohlraum von 4 cm Stärke wird mit zur Ventilation benutzt. Die äusseren Sparren sind 8 cm von der Oberkante ab mit einem Fehlboden und einem Lehmestrich von 4 cm Stärke versehen.

Die Sparrenoberkante ist mit Schalung und englischem Schiefer abgedeckt. Die im Dachreiter eingezogene Decke ist in derselben Weise ausgeführt; nur die Wände sind, soweit sie nicht zur Ventilation dienen, mit Hohlziegeln gefüllt.

Der Unterbau enthält zwei Heizkammern, zwei Lagerräume für Feuerungsmaterialien, eine Heizerstube, eine Wäschekammer, eine Garderobe und den Raum, wo die Apparate zur Bereitung des heissen Wassers stehen; in der Mitte ist ein freier Luftraum angeordnet.

Der Oberbau ist ein weiter Saal, in dessen vier Ecken durch Breterwände eine Badeeinrichtung, ein Wärterzimmer, eine Theeküche mit Gaskocheinrichtung, ein Raum für Schwerkranke und ein Closet ab-

geschnitten ist. Zwei verglaste Gänge dienen zum Aufenthalt für Reconvalescenten und zum Einlegen von Kranken in der Sommerzeit.

Die Heizung wird durch zwei Kelling'sche Caloriferen besorgt; die Wärme ist durch den Kaltluft-Canal x zu reguliren. Die warme Luft tritt durch den Kachelschlot O in 2 m Höhe in den Krankensaal. Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft kann durch Kupferrinnen, die zwischen je zwei Wärmeröhren angehängt werden, regulirt, bez. auf die erforderliche Höhe gebracht werden.

Die Ventilation. Vier Ventilationscanäle, je zwei in einer der Giebelwände, führen die verdorbene Luft ab; dieselben haben zwei Oeffnungen, W für die Winter-, S für die Sommerventilation. Mit den Aspirationsschornsteinen sind sie derartig verbunden, dass sie bis nach dem Unterbaue heruntergehen und hier in erstere einmünden, zugleich aber mit 4 Circulationscanälen communiciren.

Die Aspirationsschachte werden durch gusseiserne Rauchröhren erwärmt; in drei derselben steigt der Rauch der Caloriferen und Wassererwärmung auf; im vierten ist ein kleiner Treppenrost angebracht. Solche Roste sind auch für die Sommerventilation in den anderen Schornsteinen vorgesehen.

An jeder der Langwände bemerkt man 4 Ventilationsöffnungen, die durch Canäle mit dem Hohlraum im Dache in Verbindung stehen, der durch 12 Rohrstutzen mit der Aussenluft communicirt; im Dachreiter sind ausserdem noch 10 Stück gleichzeitig zu öffnende Jalousiefenster vorgesehen. Im Sommer tritt frische Luft durch den Kachelschlot in den Canal x vom Unterbau aus in den Saal, nachdem sie durch Wassersprengung gekühlt ist, weshalb dieser Luftkühlraum mit Cementfussboden versehen ist.

2. Ventilation in Verbindung mit Wasserheizung.

Die **Anlage** einer **Warmwasserheizung** mit **Ventilation** für ein Schulgebäude ist der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure von 1871 entnommen und wird durch Fig. 14—18, Taf. IV vorgeführt. Aus dem Kellergeschoss steigt, wie der Schnitt CD, Fig. 14, erkennen lässt, vom Kessel K aus ein Rohr S direct bis zu dem Expansionsgefäss E, von wo aus das ebenfalls gut umhüllte Vertheilungsrohr v abzweigt. Von letzterem laufen alle übrigen Vertheilungsrohre aus, ziehen sich in den Corridoren der einzelnen Stockwerke nieder bis zum Fussboden des Erdgeschosses, wo sie sich in dem Abflussrohr vereinigen, welches den Corridor entlang läuft und in den Kessel abzweigt. Die gusseisernen Röhren haben 75, 104 und 125 mm Durchmesser; die Beheizung der Zimmer wird durch Oefen bewirkt. Es ist mit Sorgfalt darauf zu achten, dass das zur Heizung verwendete Wasser rein ist, da bei der geringen Geschwindigkeit desselben sich die horizontalen Röhren leicht zusetzen.

Die Füllung erfolgt durch eine Handpumpe; erstere ist beendet, wenn aus dem Signalrohr des Expansionsgefässes E Wasser fliesst. Die Construction des Apparates E sowie auch der Absperrvorrichtungen ist bereits durch Fig. 502—505 vorgeführt; man hat die Gefässe durch Holz und Breter gut gegen Abkühlung zu schützen. In die Oefen tritt das Wasser am Boden ein, circulirt und läuft dann in das Abfallrohr.

Die Ventilation ist so bewirkt, dass von aussen die Luft durch einen Canal oder eine Oeffnung im Fussboden in den Ofen tritt, sich hier erwärmt und ins Zimmer steigt. Zur Abführung der verdorbenen Luft dient ein grosser Schornstein, in dem das Rauchrohr der Kesselfeuerung emporgeführt ist und in den alle in den Wänden ausgesparten Canäle einmünden, welche sich zu dem in Fig. 18 punktirt gezeichneten Canal K im Kellergeschoss vereinigen. Im Sommer wird der Aspirationsschacht durch ein besonderes Feuer geheizt.

Lüftung in Verbindung mit **Heisswasserheizung** nach dem System Bacon ist aus Fig. 1, Taf. IV zu ersehen, welche den Querschnitt eines Wohnhauses verbildlicht. Im Keller steht der Ofen A, von dem zahlreiche Röhren abzweigen, einmal um das Gebäude zu heizen, dann aber um die Wäsche-Trockenkammer L und L_1 zu erwärmen. Die Erwärmung des Gewächshauses P wird durch die in den Canälen liegenden Rohre KK bewirkt, welche eine ganz gesonderte Leitung für sich ausmachen.

In den Zimmern sind die Röhren längs den Wänden hinlaufend und mit einem Gitterwerk umgeben angebracht, wie dies B zeigt, oder die Heizspiralen sind von einem gusseisernen Sockel C verdeckt.

Bei D tritt frische Luft in die Zimmer, die jedoch erst in einer der vorgenannten Heizvorrichtungen erwärmt wird; im Treppenhause stehen die Röhren aufrecht und sind durch ein Gitter E umschlossen. W ist ein warmes Bad und in diesem Raume liegen die horizontalen Röhren F unverdeckt.

Die Ventilation wird durch die auf dem Boden befindliche Spirale N bewirkt und wird durch deren Wärmeausstrahlung verdorbene Luft aus den Zimmern in der durch Pfeile angedeuteten Weise durch Canäle, die unter der Decke ausgespart sind, fortgeführt und aus den Oeffnungen M ins Freie gesendet. An N ist das Expansionsgefäss und das Nachfüllrohr H angebracht; R und R_1 sind Reservoire für kaltes und warmes Wasser.

3. Ventilation in Verbindung mit Pulsion und Dampfheizung.

Die Anlage einer **Dampfheizung** verbunden mit **Pulsion** zeigt die nach Angaben des Kaiserslauterner Eisenwerkes ausgeführte Skizze Fig. 20 u. 21. LL sind die Luftschachte, aus denen durch

den Ventilator F frische Luft in die Canäle K getrieben wird, von denen die Arme K_1 abzweigen, welche die kalte Luft zu den Heizspiralen D gelangen lassen; die weitere Heizung in den Zimmern ist durch Oefen bewirkt.

M ist die Maschinen- und Kesselanlage, P und P_1 die Dampf- und Handpumpe, W eine Cysterne.

Der Dampf nimmt den in der Zeichnung durch Pfeile angedeuteten Weg. Die Luft, welche sich an D erwärmt hat, steigt in den in der Mittelmauer angebrachten Canälen C aufwärts, während durch die Schachte V die verdorbene Luft abgeführt wird. Der Dachraum wird mit Hülfe des Schornsteines S ventilirt.

LITERATUR.

Feuerungsanlagen, Heizung und Ventilation.

Verzeichniss der benutzten Quellen.

Ahrendts, Ventilation der bewohnten Räume. — Centralheizung. Heft 49 und 50 der deutsch. bautechn. Taschenbibliothek, Leipzig, Karl Scholtze.

Degen, L., Pract. Handbuch für Einrichtungen der Ventilation und Heizung. München, J. Lindauer.

Ferrini, Technologie der Wärme. Deutsch von Schröter. Jena, Costenoble.

Grothe, H., Die Brennmaterialien und die Feuerungsanlagen. Weimar, B. F. Voigt.

Haesecke, Ventilation u. Heizung. Berlin, Polytechn. Buchh.

Jeep, Die Feuerungsanlagen. Heft 25—29 der deutsch. bautechn. Taschenbibliothek. Leipzig, Karl Scholtze.

Katalog zur ersten Specialausstellung von Heizungs- und Ventilationsanlagen. Cassel 1868. Selbstverlag des Gewerbemuseums in Cassel.

Menzel, Der Bau der Feuerungsanlagen. Leipzig, G. Knapp.

Morin, Manuel pratique du chauffage et de la ventilation. Paris, Hachette & Co.

Schinz, Heizung und Ventilation in Fabrikgebäuden und Einrichtung von Trockenapparaten. Stuttgart, Carl Mäcken.

Schinz, Die Wärme-Messkunst. Stuttgart, Carl Mäcken.

Seyferth, Die verschied. Rauchverbrennungs-Einrichtungen. Mitth. d. sächs. Ingenieur-Vereins. 2. Heft 1860. Dresden, R. Kuntze.

Staebe, Preisschrift über die zweckmässigsten Ventilations-Systeme. Berlin, Carl Beelitz.

Steinmann, Compendium der Gasfeuerungen. Freiberg, J. G. Engelhardt.

Weiss, Theorie der Feuerungsanlagen. Leipzig, T. O. Weigel.

Wolpert, Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. Braunschweig, Schwetschke.

IV. Beleuchtung.

A. Gasbeleuchtung.

1. Leuchtgas aus Steinkohlen.

Zur Gasbereitung angewendete Kohlensorten und ihre Ausbeute. Die verwendeten Kohlen liefern bei der trockenen Destillation eine mehr oder weniger grosse Menge helleuchtenden, resp. nichtleuchtenden, brennbaren und verunreinigenden Gases, jenachdem der Wasserstoff der Steinkohlen im gebundenen oder disponiblen oder in beiden Zuständen darin vorkommt. Der disponible Wasserstoff ertheilt der Kohle die Eigenschaft zu backen und liefert bei der trockenen Destillation Gase von hoher Leuchtkraft, während der gebundene, nicht disponible Wasserstoff die Möglichkeit einer intensiveren Gasentwickelung bietet.

Gute Gaskohlen sind in erster Linie die englischen Cannel Kohlen und die schottischen Boghead Kohlen. Dann finden sich in Deutschland sehr werthvolle Gaskohlen in den oberen Flötzen des westphälischen Ruhrbeckens, als Uebergänge von Back- zu Sinterkohlen. Weniger gute Gaskohlen sind die Saarbrückener und schlesischen Kohlen, dann folgen die Zwickauer und Plauenschen Kohlen und mehrere andere.

Die durchschnittliche Gasausbeute beträgt pro Zoll-Centner (50 kg):

bei den besten	sächsischen Kohlen	bis 12 cbm,
„ „ „	Saarbrückener Kohlen . . .	„ 13,6 „
„ „ „	westphälischen Kohlen . . .	„ 14,2 „
„ „ „	schlesischen Kohlen	„ 14,2 „
„ „ „	Newcastle Kohlen	„ 14,2 „
„ „ „	Boghead, Cannel Kohlen . .	„ 21,2 „

Die Gasausbeute ist bei starker Feuerung in den ersten Perioden der Entwickelung eine grössere als in den späteren Perioden.

Tabelle der quantitativen Gasausbeute in verschiedenen Entwickelungsperioden.

Beobachtet von:	Beschickung der Retorte mit:	Ausbeute von cbm in der Stunde							
		Totale	I	II	III	IV	V	VI	VII
Professor Erdmann bei 1000°	80 kg der besten sächsischen Kohlen .	18,5	5,6	4,8	4,5	3,2	0,4	—	—
	80 kg Newcastle (Pelton main) Kohlen	19,0	4,5	4,5	3,8	3,5	2,3	0,4	—
	64 kg Newcastle und 16 kg Boghead Kohlen	22,2	5,9	4,8	4,2	3,5	2,5	1,2	0,1
der Continental-Gas-Gesellschaft bei 1200°	64 kg sächs. und 16 kg Boghead Kohlen	20,5	6,1	5,4	4,3	3,1	1,3	0,3	—
	90 kg westphälischen Kohlen. . . .	25,5	11,7	8,0	4,5	1,2	—	—	—
	75 kg Zwickauer Kohlen	23,2	11,9	7,4	3,8	0,1	—	—	—

Die Bestandtheile des Leuchtgases lassen sich eintheilen in:

a) Leuchtende Bestandtheile (Lichtgeber): Benzin, Naphtalin, Aethylen (Elayl), Propylen, Butylen, Acetylen, Ditetryl, Allylen.

b) Nichtleuchtende, verdünnende Bestandtheile (Lichtträger): Sumpfgas, Wasserstoffgas, Kohlenoxydgas.

c) Verunreinigende Bestandtheile: Kohlensäure, Ammoniak, Schwefelkohlenstoff, Schwefelwasserstoff.

Die Leuchtkraft eines Gases steigt und fällt bei gleichen Kohlensorten mit dem specifischen Gewichte des Gases.

Tabelle von Professor Frankland.

Gas aus	Spec. Gew.	Leuchtkraft
Newcastle Pelton Kohle	0,4152	2,82
„ „ „	0,4082	2,60
„ „ „	0,3761	2,82
„ „ „	0,3916	2,88
Hulton Cannel „	0,4353	2,86
Wigan „ „	0,5186	4,48
Newcastle „ „	0,5669	4,52
Methyl „ „	0,5462	5,41
Newcastle „ „	0,6009	6,88
Lesmahago „ „	0,6649	6,98
Boghead „ „	0,6941	7,41

Nach den Beobachtungen der Deutschen Continental-Gas-Gesellschaft ist die qualitative Ausbeute der Kohlen in den verschiedenen Entwickelungsperioden folgende:

Westphälische Kohle.

Bestandtheile in 100 Vol. Gas	I Stde.	II Stde.	III Stde.	IV Stde.
Kohlensäure	0,50	0,50	0,50	0,00
Schwere Kohlenwasserstoffe . .	8,65	4,46	1,51	1,11
Kohlenoxydgas	3,57	4,27	2,46	1,69
Grubengas	73,92	51,17	43,94	34,13
Wasserstoff	13,56	39,60	51,59	63,07
Specifisches Gewicht	0,540	0,400	0,320	0,260

Ausser dem Leuchtgas entstehen bei der trockenen Destillation noch folgende Producte: Theer, Ammoniak-Wasser und Coaks. Diese Producte variiren in Qualität und Quantität, ebenso wie das Leuchtgas, nach der Zusammensetzung der Kohlen, der Temperatur und der Destillationsperiode.

Die Ausbeute an **Theer** beträgt etwa 4—6 Gewichtsprocent, durchschnittlich 4,25%. Englische und westphälische Kohlen liefern 4,25—4,5%, schlesische und sächsische Kohlen 4,75—6% Theer von 1,2 spec. Gewicht. Die Bestandtheile des bei der Leuchtgasbereitung gewonnenen Theeres sind:

a) Feste neutrale Kohlenwasserstoffe: Naphtalin, Anthracen, Paraffin, Chrysen, Pyren; flüssige: Ceproylhydrür, Caprylhydrür, Rutylhydrür, Caproylen, Oenanthylen, Benzol, Toluol, Xylol, Cymol.

b) Sauerstoffhaltige Körper: Essigsäure, Phonol, Kressol, Phlorol, Rosolsäure, Brunolsäure.

c) Stickstoffhaltige Körper: Anilin, Pyridin, Picolin, Lutidin, Collidin, Parvolin, Coridin, Rubidin, Viridin, Leucolin, Lepidin, Cryptidin, Pyrrol.

An **Ammonak- oder Gaswasser** werden etwa 6—10 Gewichtsprocent, durchschnittlich 6—7% gewonnen. Es liefern englische Kohlen 6%, schlesische 9% davon bei 1—8° Beaumé (meistens 1,2° Beaumé). Das Ammoniak-Wasser besteht wesentlich aus: Wasser, kohlensaurem Ammonium, Schwefelammonium; unwesentlich aus: schwefelcyanwasserstoffsaurem Ammonium, Chlorammonium, schwefligsaurem Ammonium.

Von ziemlicher Bedeutung ist die Gewinnung der **Coaks** bei der Leuchtgasbereitung. Man erhält an Coaks, je nach der Beschaffenheit der Steinkohle und der Behandlungsweise 90—150 Volumenprocent oder 50—75 Gewichtsprocent, entweder direct aus der Steinkohle zurückbleibend oder aus höher gekohlten Gasen und Dämpfen in der Hitze abgeschieden (Retortengraphit).

Coaksausbeute.

	Gewichtsprocent der Steinkohlen	Volumenprocent der Steinkohlen
Bei sächsischen Kohlen .	50—60	100—120
„ Saar-Kohlen	60	130
„ westphälischen Kohlen	65	135

Coaksausbeute.

	Gewichtsprocent der Steinkohlen	Volumenprocent der Steinkohlen
Bei niederschlesischen Kohlen	60	133
„ oberschlesischen Kohlen .	55	115
„ Newcastle-Kohlen . . .	65	155

Die Bestandtheile der Coaks sind: Kohlenstoff, einfach Schwefeleisen und erdige Bestandtheile.

Gas-, Coaksausbeute und Gewichte verschiedener Kohlen.

Kohlensorte	1 hl Kohle wiegt kg	100 kg geben Gas cbm	Coaksausbeute Vol.-%	Coaksausbeute Gew.-%	1 hl Coaks wiegt kg	Beschaffenheit der Coaks	Beschaffenheit der Schlacke*)
Westphälische	75—86 82	23,6—30,4 28,1	130—150 142,5	59—71 65,3	33—42 37,5	dicht, gross, bis 10 % Gries	streng flüssig
Saar-	68—78 69	26,5—29,1 28,0	110—130	57—65 62	36—40	ziemlich dicht, mittelgross, reichlich 10 % Gries	leicht flüssig
Niederschlesische	82—87 85	25,0—37,3 26,2	120—135	65—70 68	40—48	porös, ziemlich gross, zerfällt leicht	sehr leicht flüssig
Oberschlesische	76—80	27,4—28,4 27,8	118—125	55—70 67	39—45	dicht, klein, etwas härter, giebt intensive Hitze	leicht schmelzbar, weniger leicht flüssig
Zwickauer	74—80	24,9—26,6 25,3	100—115	50—65 56	38—42	porös, klein, viel Gries	schmelzbarer als aus Saarkohlen
Böhmische	75—80	24,0—27,0 25,3	120—130	50—60 57	33—37	porös, klein, viel Gries	schwer schmelzbar
Pilsener Platten	62—70	27,4—34,0 31	90—100	50	30—37	schiefrig, klein, wenig Werth	—
Falkenauer Braunkohle	57—66	29,0—33,4 32,2	49—52	33—36	40—45	schiefrig, klein, wenig Werth	—
Englische	80—85	27—32 28,5	155—165	65—70	33—40	dicht, gross	ziemlich strengflüssig
Schottische Cannel. . .	65—70 67	30—34	—	30	25—42	klein	—

Die Darstellung des Leuchtgases umfasst folgende Operationen: Die Destillation der Steinkohlen, die Condensation der im Leuchtgas enthaltenen öligen und wässerigen Dämpfe (Theer, Ammoniakwasser) in Vorlagen, das Waschen im Coaksreiniger (Scrubber) und die Reinigung des Leuchtgases von Kohlensäure, Schwefelwasserstoff und Ammoniak im Reiniger u. s. w.

Trockene Destillation der Steinkohlen. Dieselbe wird vorgenommen in den **Retorten**, deren Beschaffenheit Einfluss hat besonders auf den Brennmaterialverbrauch, die Menge und Qualität des Gases.

Die Gasentwickelung beginnt schon bei sehr niedriger Temperatur, merklich bei 100° C.; es wird dann jedoch meistens Theer und wenig Gas entwickelt. Bei höheren Temperaturen entstehen weniger flüssige, mehr gasförmige und sehr flüchtige Kohlenwasserstoffe. Die vortheilhafteste Temperatur zur Gasentwickelung ist 1000° C., etwa die Hellkirschrothglühhitze. Eine höhere Temperatur (etwa 1300°) ist unvortheilhaft, da dann der im Coaks enthaltene Schwefel ausgetrieben und so die Reinigung des Gases erschwert wird. Auch zersetzen sich bei zu hoher Temperatur die Kohlenwasserstoffe unter Abscheidung von sog. Retortengraphit; es verliert das Gas dadurch an Leuchtkraft.

Sobald sich im vorderen Theile der Retorten, dem Mundstück, eine grössere Menge flüssigen Theeres findet, so ist dieses als ein sicheres Zeichen zu betrachten, dass die Temperatur zu niedrig ist. Das dabei entwickelte Gas enthält eine grosse Menge Kohlensäure.

Die Dauer der Destillation beträgt 3—6, gewöhnlich 4 Stunden. Kohlen, welche sich schwer abtreiben lassen, erfordern eine Destillationsdauer von 6 Stunden. Die Ladungen schwanken zwischen 75—200 kg und zwar je nach dem Profile oder der Einrichtung des Ofens.

1000 kg westphälische Kohle ergeben:

in der	I. Stunde	124	cbm Gas	von	0,533	spec. Gewicht,
„ „	II. „	85	„ „	„	0,410	„ „
„ „	III. „	48	„ „	„	0,327	„ „
„ „	IV. „	13	„ „	„	0,268	„ „
		270 cbm.				

*) Je leichtflüssiger die Schlacke, desto mehr greift dieselbe das feuerfeste Material an.

Nach Dr. Tieftrunk ist die Zusammensetzung des Gases in den verschiedenen Stadien der Entwickelung folgende:

	Stunde der Destillation:				
	1.	2.	3.	4.	5.
Schwere Kohlenwasserstoffe	13 Vol.-%	12 %	12 %	7 %	0 %
Grubengas	82 „	72 „	58 „	56 „	20 „
Wasserstoffgas.	0 „	8,8 „	16 „	21,3 „	60 „
Kohlenoxyd	3,2 „	1,9 „	12,3 „	11 „	10 „
Stickstoff	1,3 „	5,3 „	1,7 „	4,7 „	10 „

Danach ergiebt sich, dass das in der 5. Stunde erzeugte Gas nur einen sehr geringen Werth hat wegen des ausserordentlich hohen Wasserstoffgehalts, welcher bekanntlich die Leuchtkraft vermindert.

Westphälische, schlesische und englische Gaskohlen können nicht so weit abgetrieben werden als Saar- und Zwickauer Kohlen, während Cannelkohlen ganz abgetrieben werden können; sie entgasen auch am raschesten, da sie nicht backen. Die Kohlen entgasen nämlich um so langsamer, je mehr sie die Eigenschaft zu backen haben.

Die Beschickung der Retorten richtet sich auch zum Theil nach der Eigenschaft der Kohlen, sich aufzublähen. Eine Retorte kann unter gleichen Temperaturverhältnissen um so stärker beschickt werden, je weniger sich die Kohle aufbläht oder je weniger Coaks sie dem Volumen nach giebt. Undichtigkeiten der Retorte sowie undichter Verschluss haben einen hohen Stickstoffgehalt des Gases zur Folge. Die Verarbeitung der Kohlen hat in möglichst trockenem Zustande stattzufinden, um einem grösseren Kohlensäuregehalt im Gase vorzubeugen.

Zur Aufbesserung der Leuchtkraft setzt man den gewöhnlichen Kohlen bituminöse Schiefer zu, welche wenig permanente Gase entwickeln, jedoch grössere Mengen gasförmiger Dämpfe von schweren Kohlenwasserstoffen enthalten. Es ist darauf zu sehen, dass beide, Kohlen und Schiefer, Gase von annähernd demselben spec. Gewicht entwickeln.

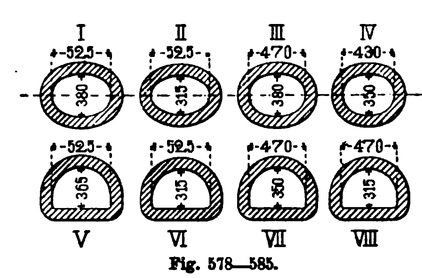


Fig. 578—585.

Die Retortenöfen und die Vorlage. Man fertigt die **Retorten** aus Thon oder aus Gusseisen an. Die Retorten aus Thon haben gewöhnlich eine Dauer von 1½ Jahren; sind sie innen glasirt, so dauern sie wohl 2—2½ Jahre. Gusseiserne Retorten dauern bei Anwendung einer Chamottehülle durchschnittlich 8—9 Monate. Da der Preis der Thonretorten etwa 50 % geringer ist wie der der gusseisernen, so wird man meistens Thonretorten verwenden. Das Material hierzu ist ein Gemenge von 1 Theil Thon mit ½—2 Theilen Chamotte. Mit einer Retorte gewöhnlicher Form können 0,7 bis 0,85 Mill. cbm Gas producirt werden.

Der Verein deutscher Gasfachmänner stellte 1867 folgende Retortenquerschnitte als Normalien fest (Fig. 578—585).

Gewichte der Retorten.

	I.	II.	III.	IV.
L = 2,450 m; G =	ca. 560 kg;	= ca. 525 kg;	= ca. 550 kg;	= ca. 490 kg
L = 2,600 „ ; G =	„ 590 „ ;	= „ 550 „ ;	= „ 580 „ ;	= „ 515 „
L = 2,750 „ ; G =	„ 620 „ ;	= „ 580 „ ;	= „ 600 „ ;	= „ 540 „

	V.	VI.	VII.	VIII.
L = 2,450 m; G =	ca. 510 kg;	= ca. 490 kg;	= ca. 490 kg;	= ca. 475 kg
L = 2,600 „ ; G =	„ 535 „ ;	= „ 515 „ ;	= „ 515 „ ;	= „ 515 „
L = 2,750 „ ; G =	„ 565 „ ;	= „ 540 „ ;	= „ 540 „ ;	= „ 540 „

Die Länge der Retorten variirt von 2,5—3,2 m. Die Wandstärke ist 60—65 mm, an der Mündung auf 100—110 mm verstärkt zur Aufnahme der Schraubbolzen, mittelst welcher das Mundstück befestigt wird.

Das aus Gusseisen hergestellte Mundstück hat denselben Querschnitt wie die Retorte. Die Wandstärke des Mundstücks beträgt 20—26 mm. Auf letzterem ist ein Rohrstutzen zur Aufnahme des Ableitungsrohres aufgegossen von 130—135 mm lichter Weite. Das Mundstück und die Retorte müssen sorgfältig zusammengedichtet werden mit einem Kitt von etwa folgender Zusammensetzung; 4 kg Eisenfeilspäne, 35 g Schwefel, 70 g Salmiak, 500 g feuerfestem Thon und 500 g Chamotte.

Das Mundstück wird mit einem Deckel verschlossen, welcher aus Gusseisen oder Schmiedeeisen hergestellt ist. Seine Stärke beträgt 13—16 mm, resp. 6—10 mm. Auf der Innenseite hat der Deckel, welcher im ersteren Falle mit einer kreuzförmigen Verstärkung versehen ist, einen Rand von 20 mm Höhe. Als Dichtungsmittel wird ein billiges Bindemittel, Lehm u. dergl. verwendet.

Das Ableitungsrohr verjüngt sich nach oben hin von 130—155 mm auf 105 mm Weite.

Einen Retortenkopf gewöhnlicher Art zeigen Fig. 586—587. Auf jeder Seite sind Ohren angegossen, in denen die Pratzen befestigt werden, worauf die Verschlussbügel ruhen. Fig. 588—589

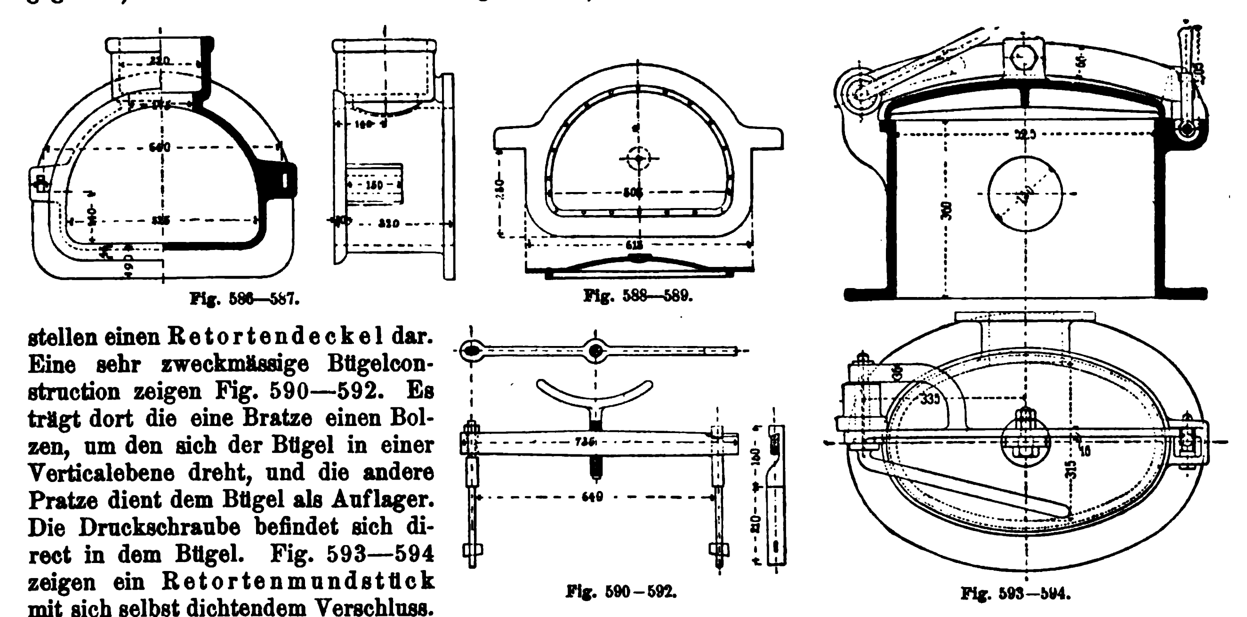
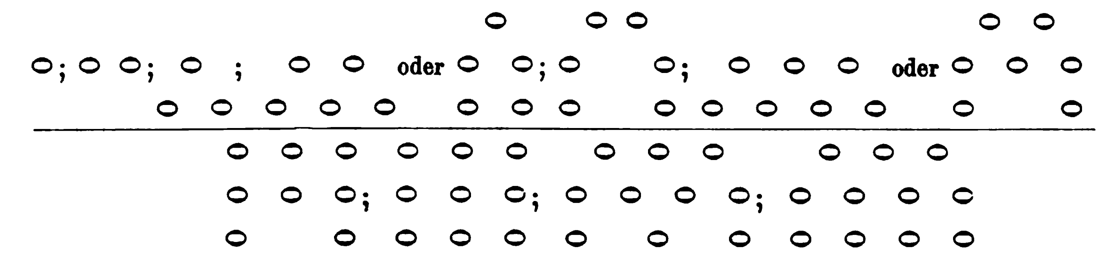


Fig. 586—587. Fig. 588—589. Fig. 590—592. Fig. 593—594.

stellen einen Retortendeckel dar. Eine sehr zweckmässige Bügelconstruction zeigen Fig. 590—592. Es trägt dort die eine Bratze einen Bolzen, um den sich der Bügel in einer Verticalebene dreht, und die andere Pratze dient dem Bügel als Auflager. Die Druckschraube befindet sich direct in dem Bügel. Fig. 593—594 zeigen ein Retortenmundstück mit sich selbst dichtendem Verschluss.

Die Oefen werden gewöhnlich mit mehreren Retorten versehen. In kleineren Gasfabriken legt man 1, 2 und 3 Retorten in einen Ofenraum, gewöhnlich hat man jedoch Oefen mit 5, 6 oder 7 Retorten; grosse Oefen mit 8 und mehr Retorten kommen nur ausnahmsweise vor. Die Lage der einzelnen Retorten ist von ihrer Anzahl abhängig und aus der folgenden Darstellung ersichtlich.



Die Retorten bekommen eine horizontale Entfernung von ca. 160 mm. Die Production an Gas richtet sich nach der Grösse der Retorten und dem Hitzgrade der Oefen und beträgt 85—170 cbm, bei den Dessauer Oefen (mit 3 oder 6 Retorten) sogar 225 cbm.

Das mit dem Feuer in Berührung stehende Mauerwerk der Oefen, wie das Gewölbe, ist recht stark aus Chamottesteinen herzustellen. Die Anzahl der Retorten und die Art des Brennmaterials bedingt die Grösse und Anordnung des Feuerungsraumes. Nach Redtenbacher soll die Rostfläche pro 1 qm Retortenfläche 0,012 qm betragen; durchschnittlich beträgt die freie Rostfläche pro Retorte ca. 0,016 qm. Bei einem Verhältniss der wirklichen oder ganzen Rostfläche zur freien Rostfläche von 2 : 1 rechnet man wohl im Durchschnitt für einen Ofen

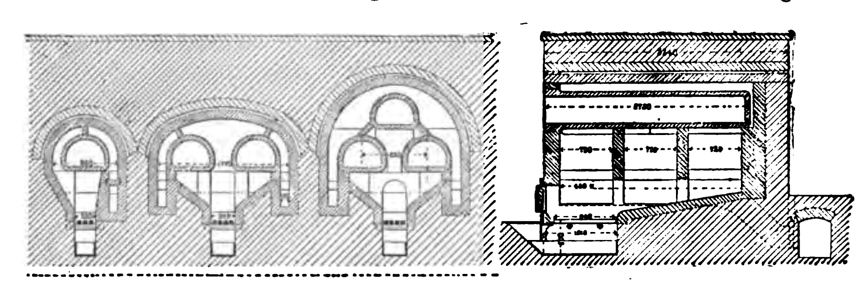
mit 1 Retorte	0,12—0,14 qm Rostfläche	mit 5 Retorten	0,19—0,21 qm Rostfläche
„ 2 Retorten	0,14—0,16 „ „	„ 6 „	0,21—0,23 „ „
„ 3 „	0,16—0,19 „ „	„ 7 „	0,23—0,27 „ „

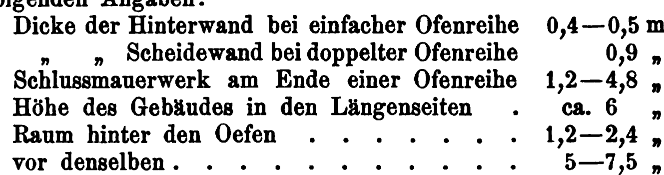
Die Dessauer oder Oechelhäuser'schen Oefen haben eine bedeutend geringere Rostfläche: Die 6er Oefen haben nämlich nur 0,15 qm, die 3er Oefen nur 0,12 qm zur Rostfläche.

Man giebt den Roststäben bei einer Länge = $^1/_3$ der Retortenlänge eine Breite von 30—40 mm. Das Brennmaterial wird in Schichten von 0,23—0,30 m aufgebracht. Unter dem Roste befindet sich ein 0,3—0,4 m tiefer Aschenfall, welcher möglichst voll Wasser zu halten ist.

Die einzelnen Retortenöfen werden in Reihen nebeneinander gestellt, zuweilen stellt man die Retorten gegeneinander. Man lässt bei letzterer Anordnung die hinteren Boden fort und chargirt beide gegeneinanderstehenden Retorten gleichzeitig.

In der Höhe der untersten Retorten wird der Fuchs angebracht, und zwar bekommt jede Ofenreihe einen besonderen. Der Querschnitt des Fuchses beträgt bei 5 Retorten 0,07—0,1 qm. Bei einfacher Ofenreihe wird der Hauptcanal hinter, bei doppelter Ofenreihe über die Oefen gelegt. Der Querschnitt des Schornsteines, welchen man am besten kreisrund macht, wird ungefähr $^1/_3$—$^1/_2$ der Rostfläche gemacht. Die Höhe des Schornsteines beträgt für grössere Anstalten etwa 20 bis 30 m, für kleinere 15—18 m.

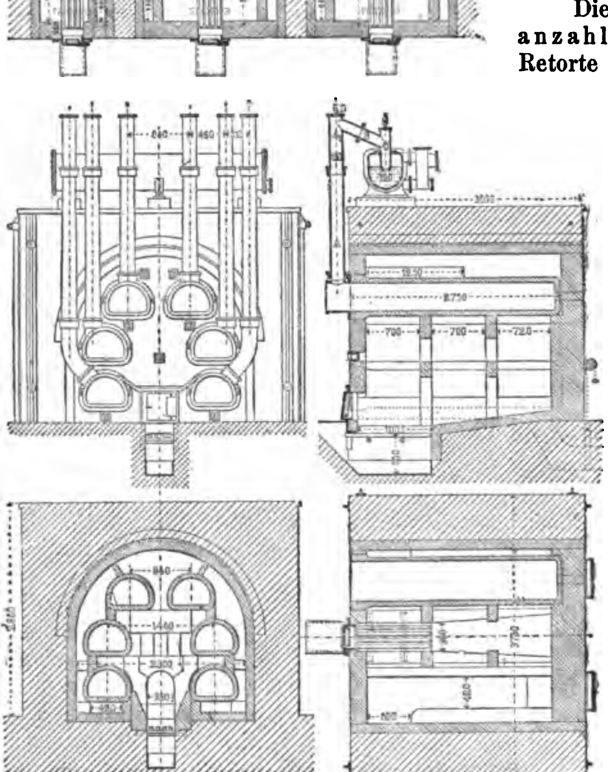




Die Grösse des Retortenhauses bestimmt sich nach folgenden Angaben:

Dicke der Hinterwand bei einfacher Ofenreihe	0,4—0,5 m
„ „ Scheidewand bei doppelter Ofenreihe	0,9 „
Schlussmauerwerk am Ende einer Ofenreihe	1,2—4,8 „
Höhe des Gebäudes in den Längenseiten .	ca. 6 „
Raum hinter den Oefen	1,2—2,4 „
vor denselben	5—7,5 „

Die zum Betriebe einer Gasanstalt nöthige Retortenanzahl bestimmt sich leicht, wenn man rechnet, dass eine Retorte mittlerer Grösse je nach der Qualität der Kohlen 125—170 cbm Gas in 24 Stunden liefert. Die Lieferung an Gas ist bei Anwendung eines Exhaustors etwas grösser. An Reserveretorten sind 20—30 % aufzustellen.



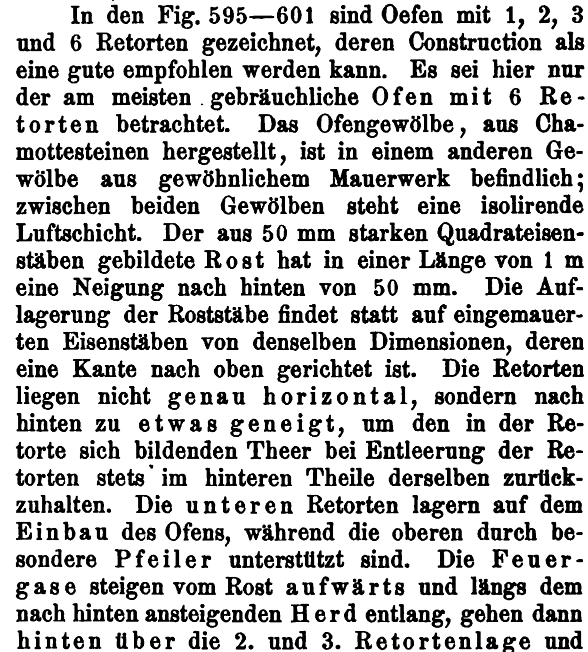


Fig. 595—601.

In den Fig. 595—601 sind Oefen mit 1, 2, 3 und 6 Retorten gezeichnet, deren Construction als eine gute empfohlen werden kann. Es sei hier nur der am meisten gebräuchliche Ofen mit 6 Retorten betrachtet. Das Ofengewölbe, aus Chamottesteinen hergestellt, ist in einem anderen Gewölbe aus gewöhnlichem Mauerwerk befindlich; zwischen beiden Gewölben steht eine isolirende Luftschicht. Der aus 50 mm starken Quadrateisenstäben gebildete Rost hat in einer Länge von 1 m eine Neigung nach hinten von 50 mm. Die Auflagerung der Roststäbe findet statt auf eingemauerten Eisenstäben von denselben Dimensionen, deren eine Kante nach oben gerichtet ist. Die Retorten liegen nicht genau horizontal, sondern nach hinten zu etwas geneigt, um den in der Retorte sich bildenden Theer bei Entleerung der Retorten stets im hinteren Theile derselben zurückzuhalten. Die unteren Retorten lagern auf dem Einbau des Ofens, während die oberen durch besondere Pfeiler unterstützt sind. Die Feuergase steigen vom Rost aufwärts und längs dem nach hinten ansteigenden Herd entlang, gehen dann hinten über die 2. und 3. Retortenlage und zu beiden Seiten zwischen der Ofenwand und den Retorten abwärts, treten vorn unter die Retorten, bestreichen diese in ihrer ganzen unteren Fläche und treten dann in den Hauptcanal. Jeder Ofen hat somit 2 Canäle, deren jeder vor dem Hauptcanal mit einem Regulirungsschieber versehen ist.

Der Ofen mit 6 Retorten hat vor dem Ofen mit 7 Retorten den nicht zu unterschätzenden Vorzug, dass die Retorten alle gleichmässig von der Stichflamme getroffen werden, was beim 7er Ofen nicht der Fall ist. Dort wird die mittlere Retorte fast ausschliesslich von derselben getroffen und infolge dessen auch sehr bald zerstört. Man richtet wegen dieses Nachtheiles Oefen mit 7 Retorten auch nur dann ein, wenn man nicht den Platz hat, eine genügende Anzahl 6er Retortenöfen nebeneinander zu stellen.

Die Heizung der Retortenöfen geschieht meistens mit Coaks, ferner mit Coaks, zwischen dessen Flammen man Theer in feinem Strahle spritzt, und mit Generatorgas, welches in einem hinter den Oefen liegenden Generator producirt wird.

Der Verbrauch an Coaks beträgt bei Feuerung mit Coaks allein:

bei grossen Werken und Oefen mit 6 und mehr Retorten 28—33 1/3 % } der producirten Coaks.
„ kleinen „ „ „ „ 1, 3 und 5 „ 33 1/3—50 % }

Bei guter Anordnung der Coaksfeuerung mit Theereinspritzung werden etwa 0,29 cbm Coaks durch 50 kg Theer ersetzt. Die Einspritzung des Theeres findet mittelst eines besonders construirten Hahnes statt, dessen Einrichtung aus Fig. 602 ersichtlich ist.

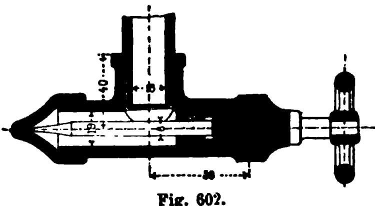


Fig. 602.

Das in der Retorte erzeugte Gas entweicht durch das am Kopfe befestigt Aufsteigrohr A (Fig. 599) und gelangt dann durch das Sattelrohr B und das Tauchrohr C in die Vorlage. Das Aufsteigrohr wird nach oben hin enger gemacht, um eine Verstopfung zu vermeiden oder zu erschweren. Das obere Ende des Aufsteigrohres A_1 ist durch den Deckel D mit Bügel und Schraube gasdicht verschlossen. Die Dichtung der Muffen des Aufsteigrohres geschieht mit einem Kitt von folgender Zusammensetzung: 3 kg Gusspäne, 1 kg gestossene und gesiebte Chamottemasse, 125 g feuerfester ungebrannter Thon und 70 g Salmiak, mit Wasser zu einem steifen Brei angemacht.

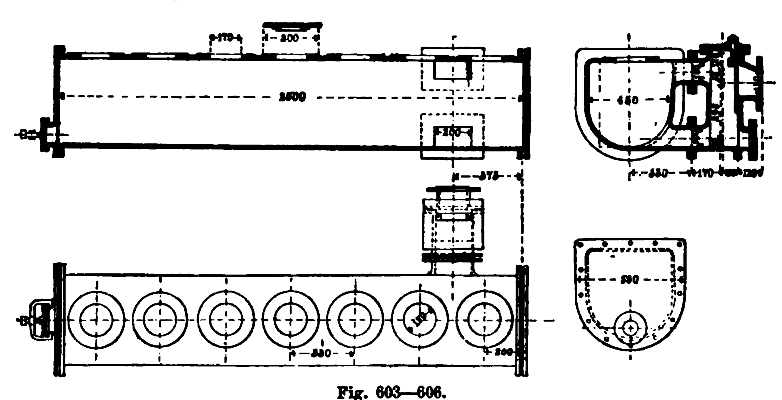


Fig. 603—606.

Die **Vorlage** oder **Hydraulik** (Fig. 603—606) ist ein Gefäss von Uförmigem oder cylindrischem Querschnitt aus Gusseisen oder Schmiedeeisen (Kesselblech). Die Vorlage, deren Hauptzweck darin besteht, als hydraulischer Verschluss der aus den Retorten führenden Rohre zu dienen, befindet sich gewöhnlich auf den Oefen oder selten den Oefen gegenüber an der Wand des Retortenhauses. Die Tauchrohre C tauchen in die Mischung von Theer und Gaswasser, welche sich in der Vorlage befindet, etwa 20 bis 30 mm bei Exhausterbetrieb und 50—75 mm ohne Exhaustorbetrieb ein, je nach dem Gasbehälterdruck. Man macht die Vorlage wohl von 0,46 × 0,63 m Weite und Höhe und 13 mm Wandstärke; kreisrunde Vorlagen aus Kesselblech werden ca. 0,45 m weit gemacht, bei 6 mm Blechstärke. Die Länge ist je nach der Grösse der Oefen sehr verschieden und hängt davon ab, ob man die Vorlage für alle Oefen gemeinschaftlich macht, was sehr zu empfehlen ist, oder jedem einzelnen oder mehreren eine besondere giebt. Das Gas wird in der Vorlage schon etwas abgekühlt und condensirt schon einen Theil des Theeres und des Ammoniakwassers.

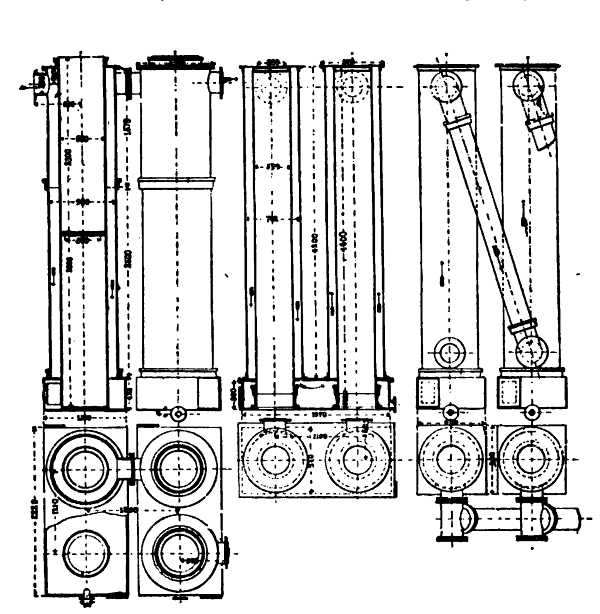
Die Condensatoren und die Scrubber. Das Gas verlässt die Vorlage mit einer Temperatur von 70°, selten bis zu 100° C. Die Aufgabe der nun folgenden Apparate ist, das Gas bis auf die Bodentemperatur von 10—12° C. abzukühlen, wodurch der grösste Theil von Theer und Ammoniakwasser ausgeschieden wird.

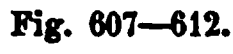
Bei dem Röhrencondensator hat das Gas eine Anzahl Röhren von 150—200 mm Weite abwechselnd von oben nach unten und von unten nach oben zu passiren. Es kühlt sich dabei das Gas an den Rohrwandungen ab und die Condensationsproducte sammeln sich im Untersatze, um von dort abzufliessen. Diese nur für kleine Gaswerke genügende Anordnung ist bei grösseren Anlagen ersetzt durch Luftcondensatoren, in welchen das Gas den ringförmigen Hohlraum zweier concentrischen Cylinder zu passiren hat. Die Entfernung der beiden Cylinderwandungen beträgt 75—100 mm, der Durchmesser des inneren Cylinders gewöhnlich 600—1000 mm und der des äusseren Cylinders ca. 800—1200 mm. Die Höhe des Apparates beträgt 4—10 m; der Theerabfluss soll mindestens 70 mm Durchmesser erhalten. Ist die Lufttemperatur zu hoch, sodass durch die gewöhnliche Luftkühlung die Temperatur von 12° nicht erreicht werden kann, so muss eine Einrichtung vorhanden sein, den Condensator mit Wasser zu berieseln.

An Kühlfläche sind bei einem Luftcondensator für je 100 cbm in 24 Stunden producirtes Gas mindestens 1,5 qm nöthig, bei combinirter Luft- und Wasserkühlung kommt man wohl mit 0,8 qm aus.

Fig. 607—608 stellen einen aus Gusseisen gefertigten Condensator und Fig. 609—612 schmiedeiserne Condensatoren dar.

Nach dem Condensator hat das Gas den Scrubber zu passiren. Es soll dort demselben Gelegenheit gegeben werden, die in der Condensation nicht vollständig abgeführten Theer- und Ammoniakwassertheilchen zu entfernen. Zu dem Zwecke wurde der Scrubber früher allgemein mit Coaks gefüllt, welchen das Gas zu passiren hatte. Jetzt hat man in Entfernungen von ca. 300 mm durchlöcherte Blech- oder Holzböden eingesetzt. In dem Scrubber wird zugleich eine Waschung des Gases bewirkt, um die Kohlensäure und das Ammoniak zu entfernen. Die früher angewendeten weiteren Waschungen finden nicht mehr statt, weil dadurch die Leuchtkraft des Gases verringert wird. Die Scrubber bekommen einen cylindrischen oder rechteckigen Querschnitt.




Fig. 607—612.

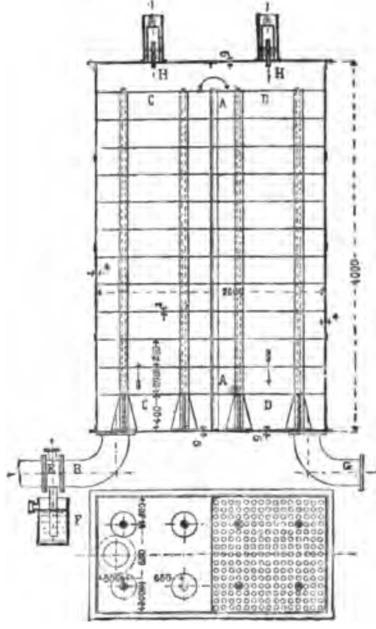


Fig. 613—614.

In Fig. 613—614 ist ein Scrubber dargestellt in der Gestalt eines rectangulären Blechkastens, dessen durch eine Scheidewand *A* gebildeten beiden Räume communiciren und mit durchlöcherten Blechplatten in 290 mm Entfernung versehen sind. Das Gas tritt bei *B* ein, steigt in der Abtheilung *C* auf- und in *D* abwärts und verlässt den Apparat bei *G*. Im Eingangs- und im Ausgangsrohr ist ein Tauchrohr *E* mit Tauchgefäss *F* angeordnet zur Entfernung der Condensationsproducte. Durch den von einer in Wasser tauchenden Glocke verschlossenen Einlauf *H* fällt das Wasser auf die oberste Platte, vertheilt sich auf dieser und rieselt durch die Löcher hinab. Das Gas hat in den Scrubbern ca. 10 Minuten zu verweilen; danach muss der Inhalt der Scrubber gleich der in 10 Minuten stattfindenden Maximalproduction sein.

Condensator und Scrubber dürfen nicht in einem Raume aufgestellt werden, der mit dem Retortenhause durch irgend ein Fenster, Thür u. dergl. communicirt. Diese Apparate sind sehr sorgfältig zu fundiren, um jedes Setzen zu vermeiden, da dieses leicht zu Undichtigkeiten führen kann. Mindestens alljährlich einmal sind Condensatoren und Scrubber zu reinigen.

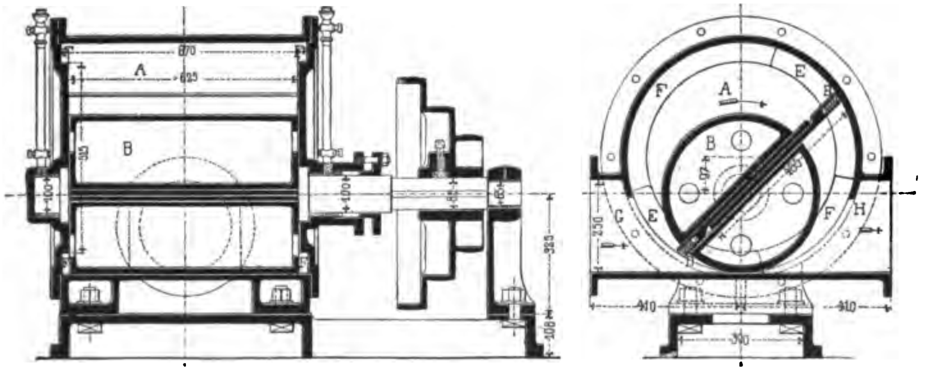


Fig. 615—616.

Der Exhaustor. Der Druck in den Retorten erhöht sich mit der Intensität der Gasentwickelung so, dass durch Undichtigkeiten der Retorten grosse Mengen Gas verloren gehen und dass lichtbildende Bestandtheile in Kohlenstoff und in

nichtleuchtendes Sumpfgas zersetzt werden. Man würde diese Verluste auf ein Minimum reduciren können, wenn der Druck in der Vorlage auf 0 oder besser noch auf — 10 mm gehalten wird. Man erreicht dieses bei Anwendung des Exhaustors. Am häufigsten angewendet wird der in Fig. 615—616 abgebildete Beale'sche Exhaustor: In einem cylindrischen Gehäuse *A* befindet sich excentrisch eine Trommel *B*, in der Mitte ihrer ganzen Länge nach mit einem Schlitze versehen, in dem zwei verschiebbare Platten *C* liegen. Diese Platten *C* tragen an je einem Ende der ganzen Länge nach eine Stahlbacke *D*, welche durch kleine, in *C* eingesetzte Federn fest an die Wand des Cylinders *A* gepresst wird. An jedem Ende trägt die Stahlbacke einen Zapfen, an welchem ein Gleitstück *E* sitzt; dieses läuft in der Nuthe *F*, welche zwischen Cylinderwand und Cylinderdeckel gebildet ist. Wird die Trommel *B* in Rotation versetzt, so werden infolge der vorgeschriebenen Bahn der Gleitstücke *E* die Platten *C* gegeneinander so verschoben, dass der Cylinder *A* stets in zwei Abtheilungen getheilt ist. Bewegt sich die Trommel in der Richtung des Pfeiles, so entsteht im oberen Theile des Cylinders ein luftverdünnter Raum, und das Gas wird bei *G* angesaugt; sobald die Stellung der Trommel und der Platten eine solche ist, dass bei *G* kein Gas mehr angesaugt wird, so öffnet sich der Ausgang *H* und das eben angesaugte Gas verlässt den Exhaustor. Gleichzeitig beginnt bei *G* wieder die saugende Wirkung auf der anderen Seite der Platte, sodass bei einer Rotation das Gas 2 mal angesaugt und 2 mal ausgestossen wird; die Wirkung ist daher eine continuirliche. Der Exhaustor macht 50—100 Umdrehungen, je nach der Gasproduction in den verschiedenen Jahreszeiten. Der Nutzeffect beträgt 70—80 % (bei schlechter Construction nur 35—50 %), der Kraftaufwand, je nach der Grösse des Apparates, 1—2½ HP. Bezeichnet d den Cylinderdurchmesser, d_1 den Trommeldurchmesser in m, ferner n die Anzahl der Umdrehungen pro Minute und η den Nutzeffect, so ist die stündliche Leistung des Exhaustors in cbm:

$$Q = 2\left\{60 \,.\, n \,.\, \eta \,.\, \frac{\pi}{4}\,(d^2 - d_1^2)\right\} = 30 \,.\, n \,.\, \eta \,.\, \pi\,(d^2 - d_1^2).$$

Bei 0,3 m Länge und Durchmesser genügt ein solcher für 112 cbm pro Stunde; bei 0,6 m für 560 cbm, bei resp. 100 oder 55 Umdrehungen pro Minute. Der Exhaustor muss pro Stunde 1/18—1/20 der täglichen Production fördern können. Der beste Platz des Exhaustors ist nach dem Condensator und Scrubber. Geringeren Raum wie der letztbeschriebene und gar keinen Motor bedarf der Körting'sche Dampfstrahl-Exhaustor. Derselbe wird mit Dampf von 1½—2 At gespeist und arbeitet sehr exact; er hat nur den Nachtheil, dass er das Gas wieder erwärmt, weshalb man es dann nochmals durch einen Condensator führen muss.

Kommt der Exhaustor durch Reissen eines Riemens plötzlich zum Stillstande und versperrt dem Gas dadurch den Weg, oder geht er zu rasch und überschreitet seine Leistung die Gasproduction, so würde dadurch Luft von aussen angesaugt werden. Man verhindert dieses durch Anwendung des Beipassregulators von Elster oder Pintch.

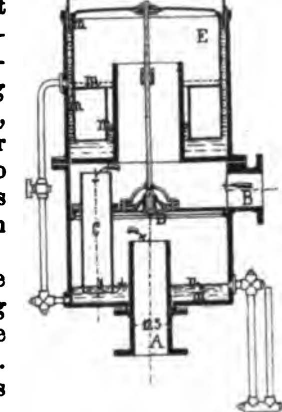


Fig. 617.

Beipassregulator von Elster in Berlin (Fig. 617). Der Stutzen *B* ist mit dem Exhaustoreingangsrohr und *A* mit dem Exhaustorausgangsrohr in Verbindung. Durch die mit Luftkasten versehene Glocke *E* ist der Regulator mittelst aufgelegter Gewichte auf eine gewisse Minusspannung eingestellt; wird diese Spannung geringer, so sinkt die Glocke *E* und öffnet das mit ihr fest verbundene Ventil *D*, sodass zwischen *A* und *B* eine Verbindung durch *D* hergestellt ist. Bei normaler Spannung hat das im Apparate befindliche Wasser die Stellungen *m* und füllt also das Rohr *C*. Bleibt der Exhaustor plötzlich stehen, so steigt der Druck in *B*, das Wasser nimmt die Stellungen *n* ein, es wird das Rohr *C* entleert, und das Gas kann ungehindert von *B* nach *A* durch *C* gelangen.

Die Reiniger. Nachdem das Gas in dem Condensator und Scrubber die Condensationsproducte abgesetzt hat, ist es noch einer chemischen Behandlung zu unterwerfen, um die im Gase noch zurückgebliebenen Theile von Kohlensäure und Ammoniak zu entfernen, sowie den Schwefelwasserstoff fortzunehmen.

Die Reinigung geschieht in den Reinigungskästen, in denen das Gas das auf Horden schichtweise gelagerte Reinigungsmaterial durchstreichen muss. Das **Reinigungsmaterial** besteht aus einer Mischung von Eisenvitriol, Kalkhydrat und Sägemehl, sog. **Eisenreinigung von Laming**. Man mischt die Masse gut durch und lässt sie an der Luft liegen, bis sie eine braune Färbung angenommen hat, dann ist sie zum Gebrauche fertig. Die zur Reinigung benutzte Masse kann binnen 24—48 Stunden durch Liegen an der Luft wieder regenerirt werden, oder sie bleibt im Reinigerkasten liegen und wird dort mit dem Körting'schen Dampfstrahlgebläse regenerirt.

Zur Reinigung von 2—3000 cbm ist 1 cbm Laming'sche Masse nöthig, die bis 0,3 m hoch auf die Roste aufgetragen werden kann.

Der **Reinigungsapparat** (Fig. 618—619) ist aus Gusseisen, der Deckel aus Kesselblech. Dieser sitzt durch Wasserverschluss von mindestens 0,3 m Höhe gasdicht auf dem Kasten und wird durch Hakenösen und Splinte oder Wirbel auf dem Kasten gegen den Gasdruck festgehalten. Jeder Kasten muss so

gross sein, dass er zur Reinigung der gesammten Production in 24 Stunden allein ausreicht. Mindestens muss man 2 solcher Apparate haben, besser sind 3 oder 4 aufzustellen, von denen jeder, ohne dass die Reinigung gestört wird, durch den Clegg'schen Wechselhahn ausschaltbar sein muss.

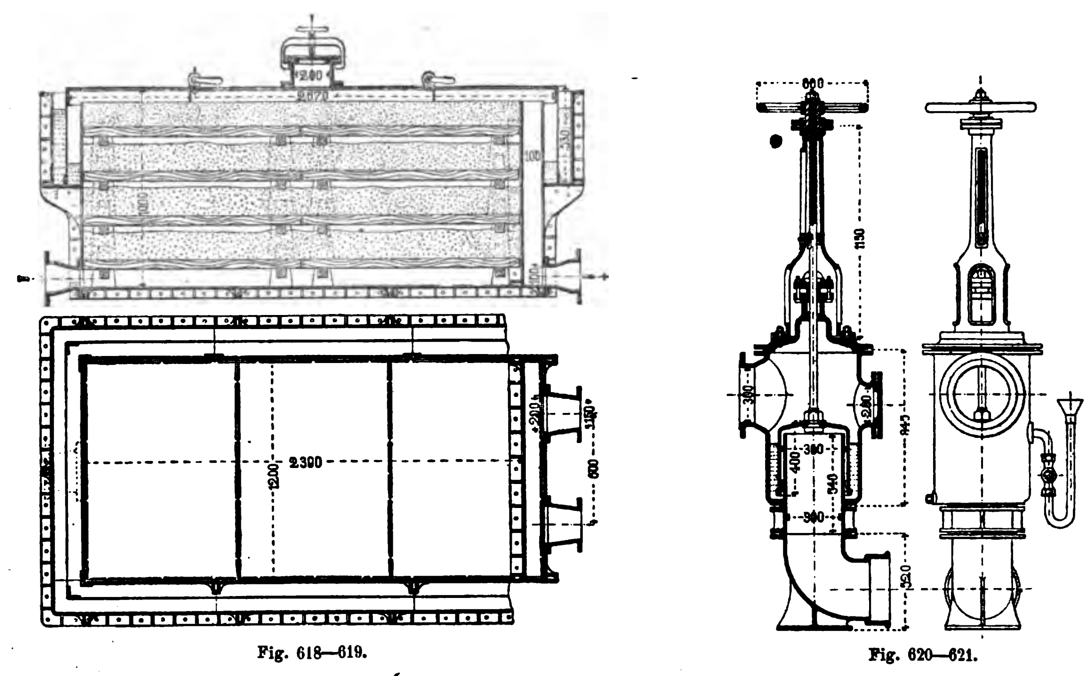


Fig. 618—619. Fig. 620—621.

Die Absperrvorrichtungen. Die einzelnen Apparate in den Gaswerken müssen leicht ausser Betrieb gesetzt werden können, auch muss man es in der Hand haben, das Gas auf dem einen oder anderen Wege den Apparaten zuzuführen. Man bewirkt dieses durch besonders eingerichtete Absperrapparate. Sehr gebräuchlich sind als solche die Schieberventile. Diese haben den Nachtheil, dass sie mit der Zeit undicht werden, auch frisst sich der Theer mit den Schiebern an deren Gleitflächen fest. Ihnen vorzuziehen sind die hydraulischen Verschlüsse (Fig. 620—621), die zwar etwas complicirter sind, für den Betrieb aber eine grössere Sicherheit gewähren.

Bei an der Luft liegenden Leitungen, z. B. an den Ein- und Ausgängen der Condensatoren lassen sich hydraulische Verschlüsse nicht verwenden, weil sie eines soliden Unterbaues bedürfen. Man wendet dort zweckmässig Teller- oder Plattenventile an, welche sich nicht so leicht festsetzen wie die Schieber.

Der **Fabricationsgasmesser** dient zur Messung der Menge des producirten Gases und ist meistens mit einem Schreibapparat versehen, auf dem die stündlich producirte Gasmenge selbstthätig graphisch verzeichnet wird. Das Wasserstandsglas an dem Gasmesser ist so anzuordnen, dass dasselbe nicht den Wasserstand im Gehäuse, der höher als derjenige der Trommel ist, anzeigt, sondern den wirklichen Wasserstand innerhalb der Trommel. Die Gasmesser sind mit einem Ueberlaufrohre zu versehen.

Bezeichnet d den Trommeldurchmesser, B die Trommeltiefe, h den Wasserstand über dem Mittel (in m ausgedrückt), n die Anzahl der Umdrehungen der Trommel pro Stunde und V die Gasmenge in cbm, welche stündlich den Apparat passirt, so ist: $V = n . B . \pi \left(\frac{d^2}{4} - h^2\right)$.

n beträgt gewöhnlich 100, im Maximum 120. Der Gasmesser muss für einen stündlichen Gasdurchgang von $^1/_{20}$—$^1/_{18}$ der täglichen Maximalproduction genügen.

Der **Gasbehälter**. Die Gasproduction ist in den verschiedenen Tagesstunden eine annähernd gleichmässige, während die Consumtion die erstere in den Abendstunden ganz bedeutend überwiegt. Es ist also der Productionsüberschuss der Tagesstunden zu sammeln und für die Abendstunden in dem Gasbehälter aufzuheben. Dieser ist eine, oben geschlossene, Glocke aus Eisenblech, die mit ihrem unteren Ende in ein Wasserbassin taucht; an dessen Umfang ist eine Anzahl Säulen aufgestellt; mit gegen die Glocke gerichteten Schienen versehen, an denen die Glocke mittelst Rollen vertical geführt wird. In die Glocke treten von unten zwei gusseiserne Rohre, welche als Ein- und Ausgang des Gases dienen und einige Centimeter über den Wasserspiegel heraustreten. Zur Verhinderung des Einfrierens der Gasbehälterbassins ist eine Dampf- oder Wasserheizung nothwendig.

Die gewöhnlichen kleineren Gaswerke haben **einfache Gasbehälter**, welche vollständig im **Freien** aufgestellt sind (Fig. 622—623), während die grösseren Gaswerke wegen der hierzu nothwendigen geringeren Grundflächen in neuerer Zeit vielfach die sogen. **Teleskopgasbehälter** (Fig. 624—625) anwenden. Dieselben besitzen bei derselben Grundfläche den doppelten Inhalt, wegen ihrer Höhe, welche doppelt so gross gemacht wird, wie bei den einfachen Gasbehältern. Die beiden Theile dieser Gasbehälter, **Glocke** und **Ring**, verschieben sich **teleskopartig** ineinander. Bei der Füllung mit Gas tritt dasselbe zuerst in den oberen Theil, in die **Glocke** ein, hebt diese so weit, bis der nach innen vorstehende Rand des anderen Theiles, des **Ringes**, in den umgebörtelten Rand der Glocke, die **Tasse**, eingreift. Dann wird auch der Ring mitgehoben. Man umgiebt diese Teleskopgasbehälter gewöhnlich mit einem **cylindrischen Gebäude**, um sie den Einwirkungen der Stürme u. s. w. zu entziehen. Der nutzbare räumliche **Inhalt** der Gasbehälter einer Fabrik muss mindestens gleich der Hälfte der Consumtion in der längsten Nacht sein. Es ist durchschnittlich auf jede Million cbm Jahresproduction der stärkste Gasverbrauch in 24 Stunden 6000 cbm. In Fabrikstädten, wo die Hauptconsumtion sich in den Abendstunden concentrirt, ist statt 3000 cbm Gasometerraum pro Million cbm Production 3500 cbm zu rechnen.

Die **Gasbehälter** werden aus Eisenblech construirt von 15—20 kg Gewicht pro qm; man macht die **Höhe** ungefähr gleich $^1/_2$ **Durchmesser**. Der **Druck des Behälters auf das Gas** beträgt je nach der Blechstärke und dem Verhältniss des Durchmessers zur Höhe, 65—92 mm Wassersäule. Er wird durch folgende Formel ausgedrückt:

$$p = \frac{W}{d^2} \,.\, 1{,}2732 - \left(\frac{S[H-h]}{H \,.\, d^2} \,.\, 0{,}1655 + 0{,}78 \,.\, h\right),$$

wobei p die Druckhöhe in mm, W das Gewicht der Glocke in kg, S das Gewicht der Seiten der Glocke in kg, H die ganze Höhe der Seiten in m, h die Höhe derselben über Wasser in m ist.

Bei Anwendung von Teleskopgasbehältern wird der Ring etwa um $^5/_6$ seines Gewichtes entlastet.

Die **Gasabgabe** pro Stunde beträgt bei stärkstem Verbrauch 14 %, in Fabrikstädten bis 17 % des Gesammtverbrauches in 24 Stunden. Auf jede im Beleuchtungsrayon vorkommende Flamme

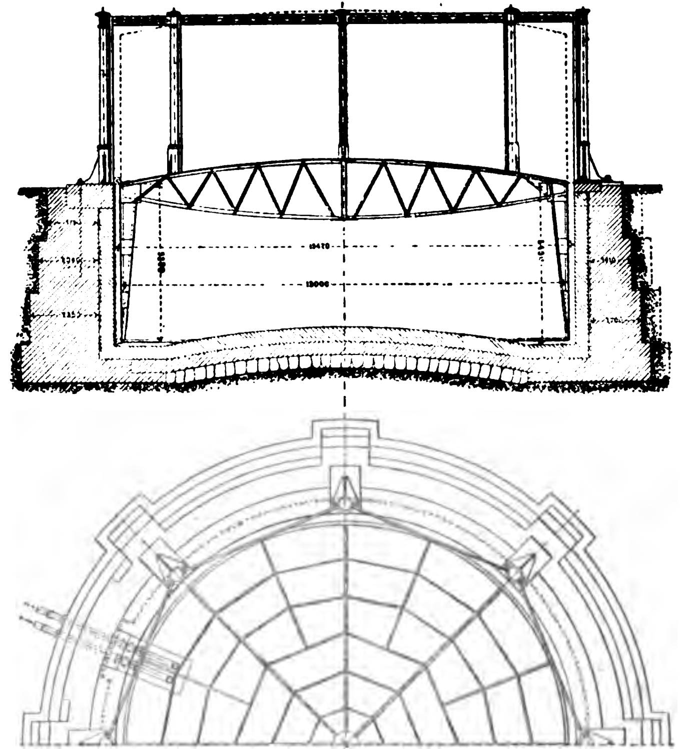


Fig. 622—623.

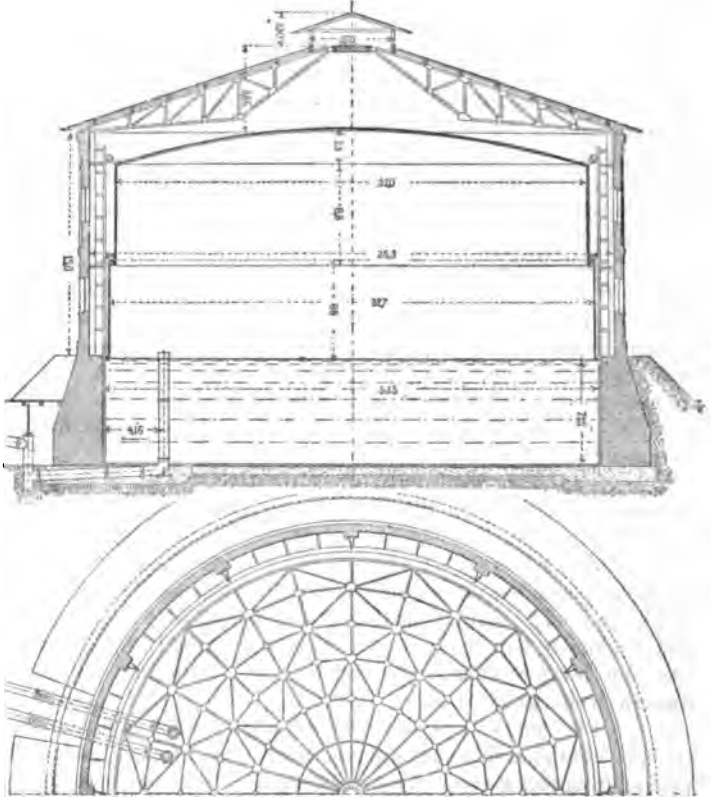


Fig. 624—625.

kommt in der Stunde des stärksten Verbrauchs ein Durchschnittsconsum von 0,079—0,090 cbm Gas. Die durchschnittliche Jahresconsumtion einer Strassenflamme ist ca. 225 cbm (untere Grenze 140, obere 420 cbm), einer Privatflamme 70 cbm (untere Grenze 40, obere 105 cbm). Zwischen dem Gasbehälterausgang und dem Hauptabführungsrohre aus der Fabrik ist ein Apparat einzuschalten, welcher die stets vorkommenden Schwankungen im Consum und dadurch in dem Drucke der Rohrleitungen ausgleichen soll. Man erreicht dieses durch einen älteren Druckregulator von Clegg oder einen neuerdings construirten Apparat von Giroud.

Die Rohrleitungen. Das Gas wird den Orten des Consums mittelst Gas-Rohrleitungen zugeführt. Diese unterscheiden sich in Hauptleitungen, welche das Gas durch die Strassen und Plätze der Stadt führen; Zuleitungen führen das Gas aus den Hauptrohren zu den Laternen und Gebäuden; Privatleitungen sind diejenigen, welche in den Gebäuden vorhanden sind. Der Druck in den Hauptleitungen soll möglichst constant sein bis zu den Consumorten, die Leitungen sollen nur einen möglichst geringen Gasverlust gestatten.

Man berechnet die Leitung wohl nach der Formel von Pohle:

$$d = 11{,}5 \sqrt[5]{\frac{Q^2 . s . l}{h}}.$$

Darin ist Q die Ausflussmenge in cbm pro Stunde, l die Länge der Leitung in m, d der Rohrdurchmesser in mm, h der Druck in mm Wassersäule, s das spec. Gewicht des Gases, wenn das der Luft = 1 gesetzt ist.

Zur Ausführung nimmt man den Rohrdurchmesser wegen der häufigen Naphtalinabsonderungen etwas grösser, als die Rechnung ergiebt.

Die Hauptleitungen werden aus gusseisernen Muffenröhren hergestellt, welche einer Druckprobe bis zu 3 At unterworfen waren, und innen und aussen mit heissem Theer bestrichen sind. An den tiefsten Punkten der Leitung sind Wassersammler, sog. Syphons, anzubringen, welche die Condensationsproducte sammeln und von Zeit zu Zeit ausgepumpt werden. Die Dichtung der Rohre in den Muffen erfolgt mit Theerstricken, welche die Muffe bis zur Hälfte ausfüllen und darüber gegossenes und verstemmtes Blei. (Vergl. Bd. I, „Maschinentheile".)

Das Material zu den Zuleitungen ist meistens Gusseisen, zuweilen Schmiedeeisen oder Blei. Den Anschluss der Zuleitung an die Hauptleitung bewirkt man entweder mit eingeschalteten T-Stücken oder es wird die Hauptleitung angebohrt und die Zuleitung mit einer Rohrschelle angeschlossen. Die Zuleitungsröhren für die Laternen haben in der Regel einen inneren Durchmesser von 25 mm.

Jede Zuleitung zu einem Gebäude ist mit einem Hahn oder Schieber zu versehen, um das Haus vollständig absperren zu können. Die Privatleitungen werden fast ausschliesslich aus Schmiedeeisen hergestellt, zuweilen auch aus Blei. Im Gebäude ist in der Leitung ein sog. Haupthahn anzubringen, um die Leitung im Gebäude selbst abzusperren; derselbe befindet sich zwischen der Zuleitung und der Gasuhr. Nach Fertigstellung einer Leitung ist dieselbe mittelst einer Luftpumpe auf $1^1/_2$—2 At Druck zu prüfen. Bleibt dann das Manometer längere Zeit unverändert stehen, so hat man den Beweis, dass die Leitung dicht ist. Man giebt den schmiedeeisernen Röhren eine Wandstärke von $\delta = 0{,}00057 . d . n + 3$ mm, wobei n die Anzahl der Atmosphären bezeichnet, auf welche die Röhren geprüft werden.

Die Benutzung des Steinkohlengases. Das Gas muss, ehe es von den Consumenten benutzt wird, Apparate passiren, wodurch es gemessen werden kann. Dieses geschieht mittelst der Gasuhren. Die nassen Gasmesser bestehen aus zum Theil in Wasser oder Glycerin getauchten Trommeln, welche das Gas zu passiren hat, und einem Zählapparat, welcher aus der Umdrehungszahl der Trommel direct das Gasquantum anzeigt. Die trockenen Gasmesser haben blasebalgartige, aus Membranen construirte Kammern, die sich abwechselnd füllen und leeren und deren Bewegungen auf einen Zählapparat übertragen werden. Sie sind nicht wie die nassen den Temperaturschwankungen unterworfen und kommen deshalb mehr und mehr zur Aufnahme.

Das Gas wird mittelst Wandlampen, Hängelampen und Stehlampen zur Beleuchtung verwendet. Die Form der Brenner ist von grösstem Einfluss auf die Form der Flamme, sowie deren Leuchtkraft.

Zur Strassenbeleuchtung werden meist die sog. Fledermaus- oder Schnittbrenner und die Fischschwanz- oder Zweilochbrenner verwendet. Dieselben geben bei gleichem Ausströmungsdruck (6,5—7,5 mm) denselben Nutzeffect und consumiren 0,1—0,2 cbm pro Stunde. Sehr gebräuchlich sind Flammen von 0,14 cbm Verbrauch. Die Laternen werden in einer Entfernung von 37 m, schräg über die Strasse gemessen, angebracht. Höhe der Strassenlaternen 3—3,5 m und Entfernung von den Mauern wenigstens 1 m.

Für die Privatbeleuchtung wendet man ausser den obengenannten Brennern, jedoch mit 0,1 bis 0,28 cbm stündlichem Consum, noch den Argand'schen Brenner an. Dieser besitzt ca. 24—40 Löcher, welche in einem Kreise angeordnet sind. Deutsche Argandbrenner haben 32—40 Löcher von 0,8 mm bei einem Durchmesser des Lochringes von 18—20 mm; englische Argandbrenner 24 Löcher von

1,25 mm und 16,5 mm Durchmesser des Lochringes. Verbrauch der Argandbrenner 0,1—0,2 cbm pro Stunde bei 5—10 mm Druckhöhe. Dem Argandbrenner ähnlich ist der Dumasbrenner, nur dass er statt des Lochkranzes einen kreisförmigen Schlitz hat.

Zur Beleuchtung grösserer Räume werden eine grössere Anzahl Schnitt- oder Lochbrenner zu einem Kronleuchter zusammengesetzt oder man stellt sie in einem Kreise von 75—135 mm Durchmesser zu einem Sonnenbrenner zusammen. Bei letzterer Anordnung werden die Brenner mit Reflectoren und Ventilationsabzug versehen. (Vergl. Bd. II, S. 85.)

Um den Consum der Brenner unabhängig von den Schwankungen in der Leitung zu machen, werden dieselben auch mit Regulatoren versehen.

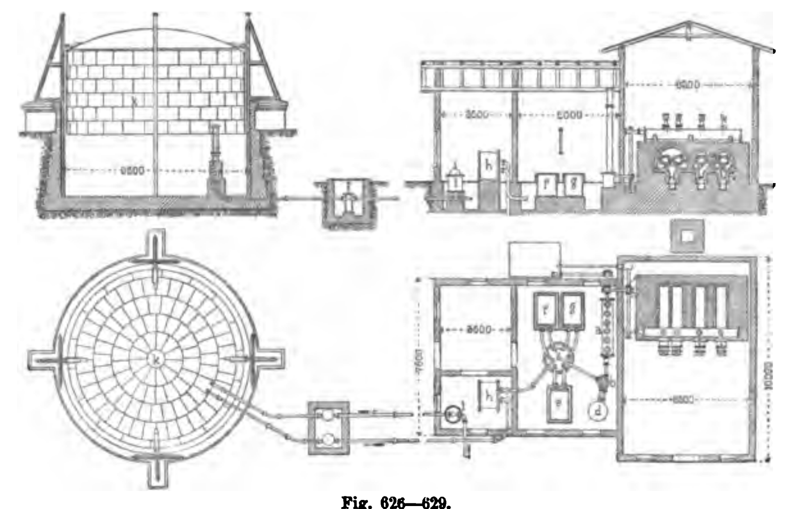


Fig. 626—629.

Plan einer kleinen Gasanstalt (Fig. 626—629). Vom Retortenhaus, in welchem 4 Retorten eingemauert sind, geht das Gas durch den Condensator *a*, die Wechsler *b* und *c*, den Scrubber *d* und die Reiniger *e, f, g* in den Gasmesser *h* und von dort in den Gasometer *k*. Aus dem Gasbehälter *k* geht das Gas dann durch den Regulator *i* zum Consumtionsorte.

2. Leuchtgas aus Petroleumrückständen, Oel u. dergl.

Die Steinkohlen können im Verhältniss zu ihrer Menge nur wenig Gas liefern, man ist daher gezwungen, grosse Quantitäten Material zu erhitzen, welches für die Gasbereitung verloren geht. Dieser Uebelstand, sowie verschiedene andere, fallen fort bei Anwendung von Oel, Fett u. dergl. als Destillationsmaterial. Gewöhnlich werden in der Leuchtgasbereitung folgende Fette als Rohmaterial verwendet: Petroleumrückstände, welche bei der Destillation des rohen Petroleums zurückbleiben, das bei der Paraffinfabrication als Nebenproduct gewonnene Paraffinöl, ferner Rüböl und das in den Achsbüchsen der Eisenbahnwagen zurückbleibende Schmieröl. Nach Schaar liefern 100 kg Rohmaterial 50—60 cbm Gas von durchschnittlich 0,6 spec. Gewicht. Das spec. Gewicht des Oelgases beträgt selten über 0,9.

Die Destillation findet in gusseisernen Retorten statt bei einer Temperatur von 900—1000° C. (Kirschroth-Hitze). Man stellt aus 0,1 cbm Retorteninhalt stündl. ca. 9,2 cbm Gas her oder mit 0,10 qm Retortenfläche stündlich ca. 0,44 cbm. An Feuerungsmaterial sind incl. Anheizen pro 1 cbm Gas ca. 8—8,5 kg Coaks nöthig. Das Anheizen währt 2, höchstens 3 Stunden.

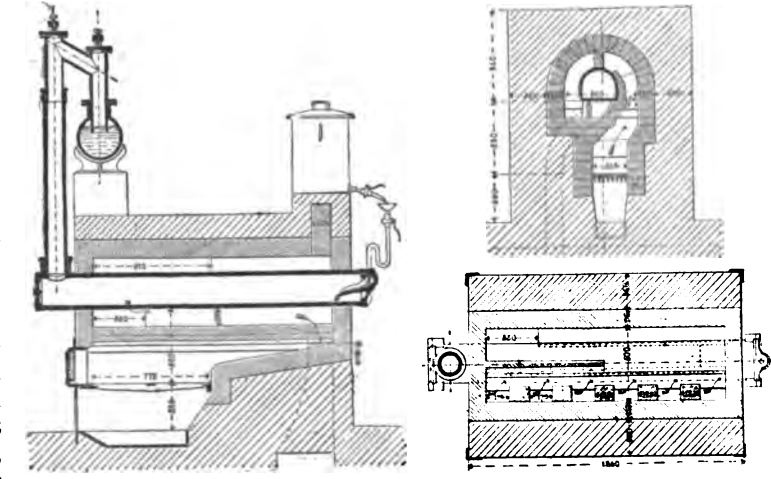


Fig. 630—632.

Die aus Gusseisen hergestellte Retorte hat einen kreisförmigen, ovalen oder muldenförmigen Querschnitt von 230 mm Breite und 190 mm Höhe im Lichten bei einer Länge von 2—3 m. Sie ist an jedem Ende mit Bügel und Presschraube versehen, mittelst welcher die mit Lehm oder gelöschtem Kalk bestrichenen Deckel hermetisch angepresst werden können. Die Construction des Retortenofens (Fig. 630—632) ist sehr einfach. Die Retorte tritt an beiden Enden aus dem Mauerwerk heraus und zwar so weit, dass sie an einer Seite das Aufsteigrohr aufnehmen kann, und an der anderen Seite der Einlauf für das Roh-

material Platz findet. Die Feuergase treten durch 6 Schlitze von je 75 mm × 170 mm an der Längsseite der Retorte nach oben, streichen dann nach hinten über die Retorte weg, an der anderen Längsseite nach vorn und unter der Retorte wieder zurück durch den Rauchcanal in den Kamin. Der Einlauf besteht aus einem 25 mm weiten, doppelt gekrümmten Rohre, in welchem beständig Rohmaterial stehen bleibt, um ein Austreten der Gase aus dem Einlaufrohre zu verhüten.

Das Rohmaterial wird in einem, hinten auf dem Ofen stehenden Blechgefässe mit eingesetztem Siebboden, um die Unreinigkeiten zurückzuhalten, vorgewärmt und fliesst von hier aus in feinem Strahle in den auf dem Einlaufrohr befindlichen Trichter, von wo es in die rothglühende Retorte eingeführt wird. Die Retorte ist täglich innen von coaksartigen Rückständen und aussen von Russ zu reinigen.

Das Aufsteigrohr, welches das Gas aus der Retorte zur Vorlage führt, ist unten 125 mm, oben 100 mm weit und mündet in das 100 mm weite Sattelrohr, welches in die in der Vorlage befindliche Flüssigkeit 40—50 mm weit eintaucht, um ein Zurücktreten des Gases zu verhüten.

Man wendet ausser den horizontalen auch verticale Retorten an, in der Einrichtung, wie Fig. 633—634 es anzeigen. Die Retorte *a* steht mit ihrem unteren Theile auf einem Gewölbe, welches dazu dient, die Retorten zu stützen und einen Zugang zur Retortenhaube zu schaffen. Der Verschluss der Haube hat dieselbe Einrichtung wie bei den horizontalen Retorten. Die Feuerung ist eine Vorfeuerung mit einfachem Planrost, um die Einwirkung der Stichflamme auf die Retorte möglichst zu reduciren. Die Retorte *a* steht frei in dem Feuerungsraume, welcher an vier Stellen durch Quersteine unterbrochen ist, um die Feuergase länger im Feuerungsraume zu halten. Bei *e* münden drei Quercanäle, welche mit Blechkapseln verschlossen sind, von denen die Flugasche aufgenommen wird, und durch welche die Retortentemperatur beobachtet werden kann. Durch das in der Retorte hängende Einhängerohr *b* wird der Retortenraum in zwei Cylinder getheilt, wovon der äussere nur nach unten, der innere nur nach oben offen ist. Die Einlaufröhren *f* münden an einander gegenüberliegenden Puncten oben in dem äusseren Retortenring. Das zu vergasende Material befindet sich in dem Oelbehälter *d*, welcher oben auf dem Ofen steht. Die Gase, welche in *a* erzeugt werden, gehen durch *b* und das Abgangsrohr *g* in die Vorlage *c*, von wo sie den Weg in den Scrubber, Reiniger u. s. w. zu nehmen haben.

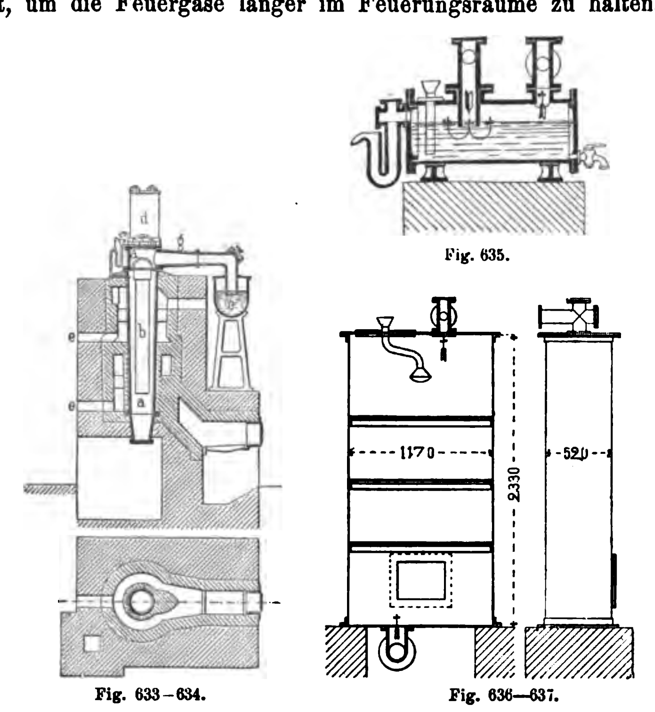


Fig. 633–634. Fig. 635. Fig. 636—637.

Die Vorlage (Fig. 635) hat bei einer Länge von 870 mm und einem Durchmesser von 300 mm oben 2 Stutzen (für das Tauchrohr und die abziehenden Gase) und ist an den Seiten mit 2 Deckeln versehen, deren einer ein Syphonrohr zum Abfluss der Condensationsflüssigkeit besitzt.

Nachdem das Gas die Vorlage passirt hat, ist dasselbe abzukühlen und der etwa noch darin befindliche Theer zu entfernen. Zu dieser Operation dient der Scrubber (Fig. 636—637), ein Blechgefäss von 1,17 m × 0,52 m Querschnitt bei einer Höhe von 2,33 m. In dieses Gefäss sind einige siebartige Böden eingesetzt mit Löchern von je 25 mm Durchmesser. Das Gas strömt von unten durch ein 125 mm weites Rohr ein und oben durch ein 75 mm weites Rohr wieder ab. Am oberen Deckel ist ein continuirlich fliessendes Brauserohr angebracht, welches Wasser in feinen Strahlen auf die Siebe spritzt. Der Theer und das abfliessende Wasser fliessen durch ein in der Einströmungsleitung befindliches Syphonrohr aus. Das Gas hat in dem Scrubber ca. 10 Minuten zuzubringen, um genügend gekühlt zu werden.

Soll das Gas zur Beleuchtung von Wohnräumen, Kuranstalten u. s. w. verwendet werden, so stellt man zweckmässig einen kleinen Reiniger auf, welchen das Gas zu passiren hat. Es ist der Reiniger ein Blechkasten von 935 mm × 875 mm lichter Weite und 875 mm Höhe mit 3 Horden aus grobem Korbgeflecht in Abständen von 260 mm. Das in einer Schichthöhe von 150 mm aufgeschichtete Reinigungsmaterial ist gelöschter Kalk.

Das Gas hat nun einen Gasmesser zu passiren, bevor es in den Gasbehälter tritt. Dieser ist eine eiserne Glocke mit ebenfalls eisernem Bassin, wie er in Fig. 638—639 abgebildet ist. Der Fassungsraum des Gasbehälters soll mindestens gleich dem Maximalconsum pro 24 Stunden minus der während

der Beleuchtungszeit producirten Gasmenge sein. Der Druck der Gasbehälterglocke auf das Gas ist durch Gegengewichte bis auf 25—40 mm Wassersäule zu reduciren.

Beleuchtung von Eisenbahnwagen. Das aus Oel und Petroleumrückständen hergestellte Gas wird in neuerer Zeit vielfach zur Beleuchtung von Eisenbahnwagen benutzt. Es wird dazu das Gas dem Gasbehälter entnommen, mittelst einer Compressionspumpe bis auf 10 At comprimirt, in zwei Sammelkesseln aufgenommen und von dort mittelst besonderer Rohrleitungen zu dem Bahnhof geleitet. Dort befinden sich an jedem Perron einige Vorrichtungen, um das Gas dem am Wagen befindlichen Sammelkessel mit 6 At Druck zuzuführen. Ein besonderer Druckreductor speist durch eine Rohrleitung die im Innern des Waggons an der Decke brennenden Flammen. Geeignet ist zu diesem Zwecke nur das Oelgas, wegen seiner starken Leuchtkraft und seiner vorzüglichen Eigenschaft, sich unter hohem Druck und bei grosser Kälte nicht zu verdichten. Eine solche Fettgasflamme für Eisenbahnwagen kostet pro Stunde 1,75 Pfg., während die gewöhnliche Oelflamme 5,75 Pfg. kostet.

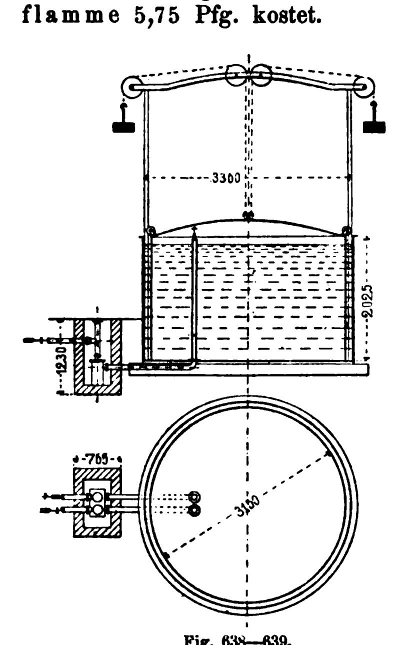


Fig. 638—639.

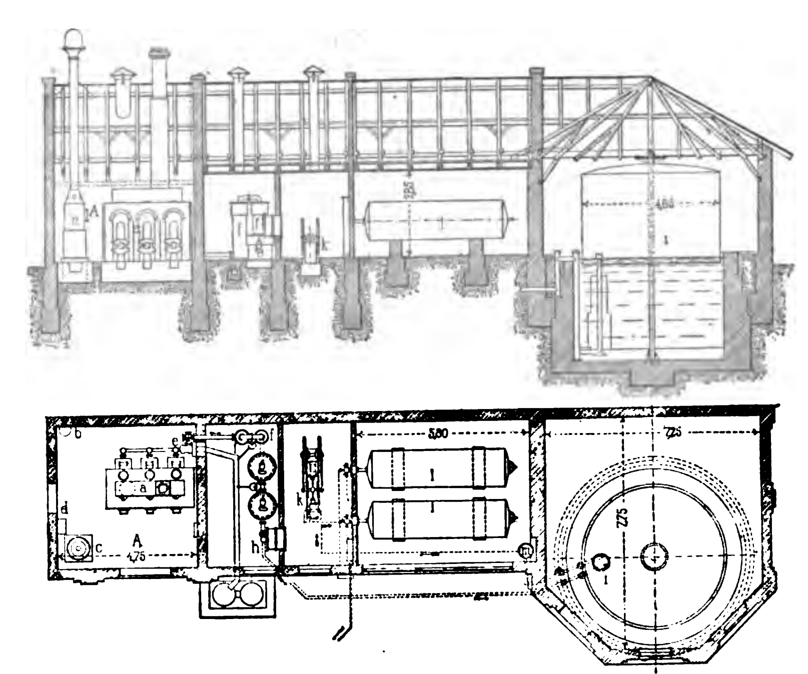


Fig. 640—641.

Fig. 640 stellt den Längenschnitt, Fig. 641 den Grundriss einer **Fettgasanstalt zur Beleuchtung der Eisenbahnwagen** dar. In dem Retortenraume *A* befindet sich ausser dem Retortenofen *a* und einer Oelpumpe *b* zugleich der Dampfkessel *c* mit der Dampfspeisepumpe *d*. Das Gas geht durch den Condensator *e* in den Scrubber *f*, von dort durch die Reiniger *g* und die Gasuhr *h* in den Gasbehälter *i*. Von hier geht das Gas noch durch ein Gefriergefäss *m*, um es vor der Comprimirung noch mehr abzukühlen, zur Compressionspumpe *k*. Diese pumpt das Gas mit ca. 10 At in die beiden Sammelkessel *l*, welche zusammen etwa 12 cbm Inhalt besitzen, und von denen aus es nach den Waggons abgeführt wird. Diese Anlage befindet sich in der Station Wien der Kaiserin Elisabeth-Bahn (Westbahn) im Betriebe.

B. Electrische Beleuchtung.

Das zu **Beleuchtungszwecken** angewendete **electrische Licht** entsteht dadurch, dass man in eine electrische Leitung Kohlenstäbchen einschaltet, welche durch den hindurchgehenden electrischen Strom in Glühen versetzt werden, oder indem man den Strom einer electromagnetischen Maschine zwischen 2 Kohlenspitzen hindurchschlagen lässt. Nach dem ersteren Princip war die electrische Lampe von Lodyguine construirt. Dieselbe functionirte vollständig zur Zufriedenheit ihrer Besitzer, nur hatte sie den Nachtheil, dass ihre Unterhaltungskosten zu hoch waren. Ferner musste das Glühen

der Kohlen im luftleeren Raume geschehen, damit die Kohlen keinen Sauerstoff vorfanden, um verbrennen zu können. Jetzt wird zur Beleuchtung ausschliesslich das sog. **Solarlicht** verwendet, welches entsteht, indem der electrische Funke zwischen 2 Kohlenspitzen überschlägt und so ein intensiv leuchtender blauweisser Lichtbogen zwischen den Spitzen erscheint. Der Uebergang des electrischen Stromes und somit die Unterhaltung dieses Lichtbogens wird durch übergeführte losgerissene Kohlentheilchen vermittelt, die theils sich auf dem einen Kohlenende absetzen, theils verbrennen. Hierdurch wird die Entfernung zwischen den Kohlenspitzen immer verändert, nämlich grösser, und es bedarf einer allmählichen Wiederannäherung derselben, wenn man einen constanten Lichtbogen erhalten will. In sehr einfacher Weise erhält der Russe Jablochkoff den Abstand der beiden Spitzen constant. Er bringt zwei dünne Kohlenstäbe in einer Entfernung von ca. 3 mm nebeneinander an und füllt den von ihnen eingeschlossenen Zwischenraum mit einem Stoffe aus, der im kalten Zustande isolirend wirkt, glühend aber einen guten Leiter der Electricität bildet. Dieser die Kohlen trennende Stoff verbrennt beim Functioniren der Lampen selbst und verstärkt so den Gesammtlichteffect. Mechanismen, um die Kohlenspitzen stets in einer constanten Entfernung zu halten, zum Theil sehr complicirt, sind von Serrin, Foucault & Duboscq, Sautter, Lemonnier & Co., Siemens & Halske u. A. construirt. Es mag genügen, das Princip der neuesten derselben, die Differential-Lampe von Siemens & Halske in Berlin (Fig. 642) hier zu beschreiben. Es sind: a und b die beiden Kohlenhalter, g und h die Kohlenstäbe; cc_1 ist ein um den Punkt d drehbarer Hebel. Bei c' ist der Kohlenhalter a mit dem Theile c_1 des Hebels verkuppelt. Diese Verkuppelung ist aber derart, dass sie in der untersten Stellung der Seite c_1 des Hebels ausgelöst wird. Der Halter a fällt darauf gegen die untere Kohle herunter, wobei die Geschwindigkeit dieses Falles durch ein kleines Echappement mit Pendel gemässigt wird. An dem anderen Ende des Hebels cc_1 befinden sich 2 Eisenstäbe SS, deren einer in eine aus starkem Drahte gebildete Spule R reicht, welche die Verbindung des electrischen Stromes mit der oberen Kerze herstellt. Der andere Eisenstab steckt in einer aus feinem Drahte mit vielen Umwindungen hergestellten Spule T, welche auf den Stab S im entgegengesetzten Sinne wirkt, wie die Spule R, und welche in eine Abzweigung zwischen den beiden Aussenklemmen der Lampe eingeschaltet ist. Da das bewegliche System durchaus äquilibrirt ist, so erfolgt nunmehr die Regulirung des Lichtbogens durch die alleinige Differentialwirkung der beiden Ströme in den beiden Spulen. Die Wirkungsweise ist folgende: Der eintretende electrische Strom findet die Kohlenstäbe in beliebiger Stellung zu einander vor, z. B. weit getrennt. In diesem Falle kreist der Strom nur in der dünndrähtigen Spule T, da der andere, durch die dickdrähtige Spule R gehende Zweig an der Trennungsstelle der Kohlenzweige unterbrochen ist. Die Spule T zieht also den Stab S in sich hinein und bringt die Seite c_1 des Hebels cc_1 in ihre unterste Stellung. In dieser Lage lösst sich der Kohlenhalter von dem Hebelarme c_1 los und fällt langsam herunter, bis sich die Kohlen treffen. In diesem Momente wird der Zweig, in welchem sich die dünndrähtige Spule T befindet, fast stromlos, während der Strom in den starken Windungen von R kräftig auftritt. Durch die Anziehung dieses Stromtheiles in der Spule R wird der Stab S nach unten gezogen. Hierdurch hebt sich der Hebelarm c_1; im ersten Momente dieser Hebung stellt sich die vorher gelöste Verbindung zwischen dem Hebel c_1 und dem Kohlenhalter a wieder her, die Kohlenstäbe gehen auseinander und der Lichtbogen wird entzündet. Es brennen darauf die Kohlenstäbe langsam ab, aber die gleiche Bogenlänge stellt sich immer wieder her, indem die Gleichgewichtslage bei einer entsprechend höheren Stellung des Eisenstabes eintritt.

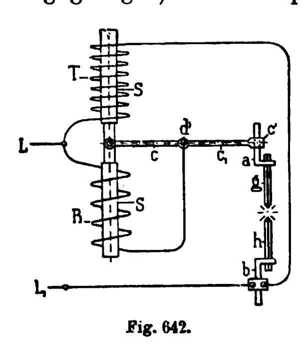


Fig. 642.

Die positive Kohlenspitze wird doppelt so schnell abgenutzt wie die negative. Es kommt dieses wohl daher, dass der positive Kohlenstab sich weit mehr erwärmt wie der negative. Um nun eine gleiche Abnutzung beider Kohlenstäbe zu erzielen, lässt man den von einer electromagnetischen Maschine erzeugten Strom beständig seine Richtung wechseln. Man benutzt dazu die Ströme der Gramme'schen electromagnetischen Maschine mit alternirenden Strömen oder die Bd. IV des „Handbuches" S. 106 beschriebene Wechselstrommaschine von Siemens & Halske in Berlin (System v. Hefner-Alteneck) mit für die Lampen brauchbaren, alternirenden Strömen. Das electrische Licht ist zur Beleuchtung grosser freier Plätze, grosser Hallen (Bahnhöfe) und Säle ein unschätzbares Mittel, während es die Gasbeleuchtung zur Beleuchtung von Strassen, Läden, Fabrikräumen u. s. w. in seiner jetzigen Form sobald wohl nicht verdrängen wird.

C. Photometrie.

Die **Photometrie** lehrt die Lichtstärken verschiedener Lichtquellen miteinander vergleichen und danach ihre relative Leuchtkraft bestimmen. In der Regel wird nämlich mit der photometrischen Prüfung einer Lichtflamme eine experimentelle Messung für genaues Mass der Consumtion an Leuchtmaterial verbunden und dabei eine in ihrer Lichtstärke möglichst constante Lichtquelle angenommen, mit deren Intensität diejenige der zu untersuchenden Lichtflamme verglichen werden kann. Sie wird als Lichteinheit angesehen.

In Deutschland gilt als Lichteinheit die vom Verein deutscher Gasfachmänner auf seiner Jahresversammlung zu Würzburg 1872 angenommene Photometerkerze. Als Photometerkerze ist eine Paraffinkerze, von der 6 auf ein Pfund gehen, angenommen. (Bezüglich der festgesetzten Bestimmungen über die Photometerkerze und das Photometriren siehe Schaar, „Die Steinkohlengasbereitung u. s. w.")

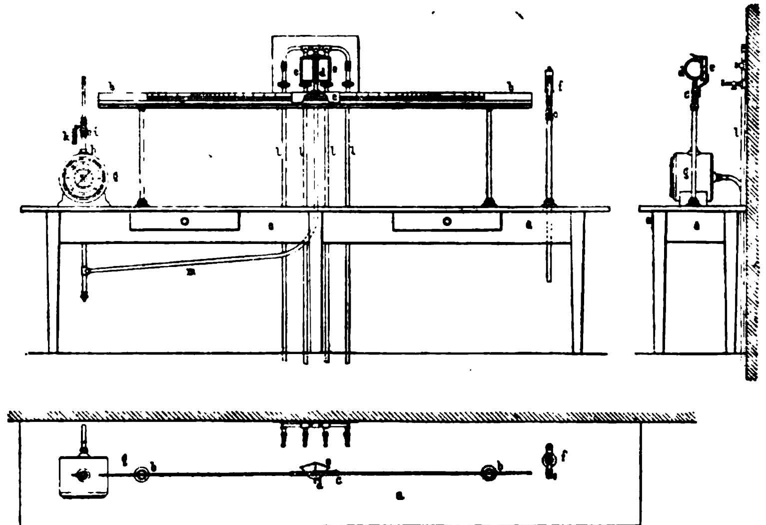


Fig. 643—645.

Als Photometer ist das **Bunsen'sche Photometer** (Fig. 643—645) angenommen. Die Construction desselben beruht auf der Erscheinung, dass bei einem Papierschirm, der durch Fett theilweise transparent geworden ist, der Fettfleck für das Auge verschwindet, sobald die Beleuchtung von beiden Seiten eine gleich starke ist; die Intensitäten des Lichtes sind dann direct proportional dem Quadrate der Entfernungen vom Schirm. Die Scala der Lichtstärken enthält eine horizontale Latte *b*, welche auf einem Tische *a* auf Säulen ruht; auf der Latte befindet sich ein verschiebbarer Schlitten *c* mit einem Rahmen *d*, dessen Ebene senkrecht zur Längsebene der Latte steht; in diesen Rahmen wird das mit dem Fettfleck getränkte Papier eingespannt. Ferner sitzt auf dem Schieber ein Winkelspiegel *e* so, dass der Rahmen mit dessen Halbirungsebene zusammenfällt. Bei *f* findet sich der Kerzenhalter so aufgestellt, dass die Mittelebene der Photometerkerze den Papierschirm senkrecht in der Mitte trifft. Um für eine lange Versuchsreihe die Normalkerze durch eine Normalgasflamme zu ersetzen, ist der Kerzenhalter drehbar, sodass statt der Kerze ein Einlochbrenner eingeschaltet werden kann. An dem entgegengesetzten Ende der Latte wird die zu untersuchende Lichtquelle aufgestellt, bei Untersuchung von Leuchtgas ein Experimentirgasmesser *g*, auf dem das Brennerrohr *h* für die zu untersuchende Flamme steht. Der Gasmesser muss höchst exact gearbeitet sein und ist mit zwei concentrischen Zifferblättern versehen, von denen das grössere den Gasconsum pro Stunde bei Beobachtungen von 1 Minute Dauer in Litern ausgedrückt anzeigt, während das kleinere Zifferblatt den wirklichen Gasconsum angiebt. Das Brennerrohr ist mit einem mittelst Schnecke und Schneckenrad fein regulirten Hahn *i* versehen, sowie mit einem kleinen Manometer *k*, welches zwischen Brenner und Hahn angebracht ist. An der Wand befinden sich die Hähne der Zuleitungsrohre *l* von den Gasbehälterausgängen und von der Hauptleitung. Diese Rohre stehen mit dem Gasmesser in Verbindung durch das Rohr *m*, sodass für die Versuche das Gas aus jedem der Gasbehälter und aus dem Hauptrohre entnommen werden kann. Zur Vermeidung von Beobachtungsfehlern sind stets mehrere Versuche zu machen, aus denen das Mittel gezogen wird.

Bezeichnet g die Leuchtkraft der zu untersuchenden Lichtquelle, k die Leuchtkraft der Normalflamme, l die Entfernung der beiden feststehenden Flammen, x die Entfernung der Normalflamme vom Schirm und $(l-x)$ die Entfernung der zu untersuchenden Flamme vom Schirm, so ist:

$$g:k = (l-x)^2 : x^2, \quad g = \frac{(l-x)^2}{x^2} \cdot k; \quad k = 1 \text{ gesetzt: } g = \frac{(l-x)^2}{x^2}, \text{ hieraus:}$$

$$x = \frac{1}{g-1}(\sqrt{g}-1) \text{ oder da } g-1 = (\sqrt{g}-1)(\sqrt{g}+1), \quad x = \frac{1}{\sqrt{g}+1}.$$

Hiernach wird die Eintheilung der Scala berechnet.

Folgende Tabelle giebt die **Eintheilung des Bunsen-Photometers** für eine Entfernung der beiden feststehenden Lichtquellen von 3 m.

Lichtstärke in Kerzen	Entfernung des Theilstriches vom Normallicht	Entfernung je zweier Theilstriche	Lichtstärke in Kerzen	Entfernung des Theilstriches vom Normallicht	Entfernung je zweier Theilstriche	Lichtstärke in Kerzen	Entfernung des Theilstriches vom Normallicht	Entfernung je zweier Theilstriche
	m	mm		m	mm		m	mm
1	1,500	—	11	0,695	25	21	0,537	11
2	1,242	258	12	0,672	23	22	0,527	10
3	1,098	144	13	0,651	21	23	0,517	10
4	1,000	98	14	0,632	19	24	0,508	9
5	0,927	73	15	0,615	17	25	0,500	8
6	0,869	58	16	0,600	15	26	0,492	8
7	0,823	46	17	0,585	15	27	0,484	8
8	0,783	40	18	0,572	13	28	0,476	8
9	0,750	33	19	0,559	13	29	0,469	7
10	0,720	30	20	0,548	11	30	0,463	6

Vergleichung der Normalflammen verschiedener Länder.

Pariser Lampe (Carcellampe)	Englische Spermacetikerze	Deutsche Vereinskerze (Paraffinkerze)	Münchener Kerze (Stearinkerze)
1,000	7,435	7,607	6,743
0,134	1,000	1,023	0,907
0,132	0,977	1,000	0,887
0,148	1,102	1,128	1,000

LITERATUR.

Verzeichniss der benutzten Quellen.

Hütte, des Ingenieurs Taschenbuch. Berlin, Ernst & Korn.
Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1880. München, R. Oldenbourg.
Küchler, Handbuch der Mineralölgasbeleuchtung etc. 1878. München, R. Oldenbourg.
Muspratt, Chemie, in Anwendung auf Künste und Gewerbe. Braunschweig, C. A. Schwetschke & Sohn.
Schaar, Steinkohlengasbereitung. Leipzig, Baumgärtner.
Schaar, Gaskalender 1880. Leipzig, Baumgärtner.
Uhland, der Practische Maschinenconstructeur 1879. Leipzig, Baumgärtner.

V. Wasserbau.

A. Grundbau.

1. Hilfsarbeiten.

Die Arten, Eigenschaften und die Untersuchung des Baugrundes sind bereits im Abschnitt „Hochbau“ genügend besprochen worden.

Das Bohren. Das bei der Bodenuntersuchung angewendete Bohren ist in der Ausführung wenig verschieden von dem Bohren artesischer Brunnen. Für bauliche Zwecke erstrecken sich die Bodenuntersuchungen selten tiefer als 20 m und die Bohrer haben gewöhnlich 7—12 cm Durchmesser; die Löcher brauchen dabei nur ausnahmsweise mit Futterröhren ausgekleidet zu werden. Anders ist es bei dem Bohren artesischer Brunnen; die Bohrlöcher sind oft mehrere hundert Meter tief und werden von Anfang an mit wasserdichten Röhren von möglichst grosser Weite ausgekleidet. Die Röhren bestehen meistens aus Eisenblech, bei grosser Weite auch wohl aus Gusseisen. Sie müssen völlig glatt sein und unten einen zugeschärften starken Rand besitzen.

Das Bohren geschieht mittelst verschiedener Bohrer, welche in ihrer Form der zu durchbohrenden Bodenart angepasst sind. Thonschichten werden mit dem aus Stahlblech hergestellten Thonbohrer, Fig. 646*), durchbohrt, Sandschichten mit dem Sandbohrer oder Ventillöffel, Fig. 647 (ein oben offener Cylinder aus Eisenblech von 30—80 cm Länge mit einem Klappenventil am unteren Ende). Im Felsboden bedient man sich des Meisselbohrers, Fig. 648—649. Derselbe wird vom Bohrgestänge auf- und abwärts gestossen und dabei immer etwas gedreht. Das von dem Meisselbohrer losgelöste Felsmaterial, sog. Schmand, wird mit einem dem Sandbohrer ähnlichen Instrumente von Zeit zu Zeit heraufgeholt. In neuerer Zeit verwendet man zum Bohren grösserer Tiefen in Fels meistens Diamantbohrer.

Fig. 646.

Fig. 647.

Herstellung, Umschliessung und Ausschöpfung der Baugrube. Bei der Untersuchung des Baugrundes können sich folgende Fälle ergeben haben: 1. der feste Baugrund steht unmittelbar an der Terrainoberfläche oder in geringer Tiefe bis ca. 3 m darunter; 2. der feste Baugrund findet sich erst in bedeutender Tiefe, er kann aber durch geeignete Mittel erreicht werden; 3. es ist nur ein weicher, zusammenpressbarer Boden von grosser Mächtigkeit vorhanden. Die Fundirung richtet sich nun in ihrer Art nach diesen Verhältnissen und zum Theil danach, ob man es mit Wasser zu thun hat oder nicht, ferner, ob das Wasser durch Schöpfen entfernt werden kann, nachdem die Baugrube mit einer entsprechenden Umschliessung versehen ist, oder ob die Beschaffenheit des Bodens das Wasserschöpfen nicht erlaubt.

Die Baugrube wird etwas grösser hergestellt, als die Grösse der Fundamente beträgt, dagegen wird die Tiefe gleich der Tiefe der Fundamentsohle gemacht. Baugruben für Pfahlrost werden 0,6 m tiefer als die Tiefe der Fundamentalsohlen gemacht, um die Pfähle abschneiden zu können.

Baugruben, welche direct im oder am Wasser liegen, müssen mit Spundwänden oder Fangdämmen umgeben werden.

Fig. 648—649.

Die Spundwände besitzen eine geringe Wasserdichtigkeit; man stellt sie aus Bohlen von 7—10 cm Dicke und 25—35 cm Breite mit meistens quadratischer Spundung, zuweilen auch Keilspundung, her (Fig. 650—652). Am unteren Ende werden die Spundbohlen nach Fig. 653—654 angeschärft oder man versieht sie mit schmiedeeisernen Schuhen (Fig. 655—656).

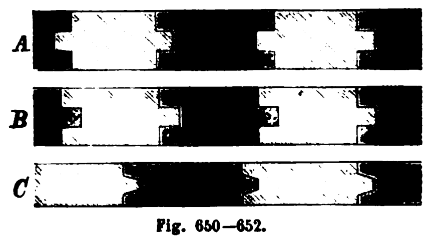
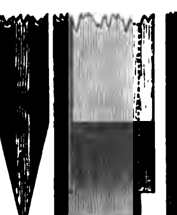
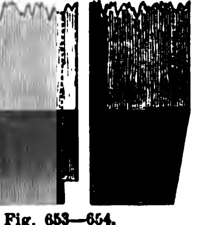


Fig. 650—652.



Fig. 653—654.

*) Die Figuren in dem Abschnitt „Grundbau“ sowie die dazu gehörige Beschreibung sind dem vortrefflichen Werke: „Handbuch der Fundirungsmethoden im Hochbau, Brückenbau und Wasserbau“ von Ludwig Klasen, Leipzig, Verlag von Baumgärtner's Buchhandlung entnommen.

Spundpfähle sind Spundbohlen von 10—25 cm Stärke.

Baugruben an einem Flusse oder am Meere müssen in manchen Fällen vollständig trocken gelegt werden; man giebt ihnen dann Umfassungen, aus Fangdämmen bestehend. Die Fangdämme werden bei kleineren Wasserhöhen aus einer Stülpwand mit Schrägpfählen und dagegen geschüttetem Erddamm gebildet (Fig. 657), bei Wasserhöhen über 1,5 m aus sog. Kastenfangdämmen. Diese bestehen aus zwei senkrechten Holzwänden (Fig. 658), deren Zwischenräume mit lehmiger, möglichst trockener Erde ausgefüllt werden. Bei Wasserhöhen von 3,5 m an sind die Holzwände der Fangdämme aus Spundwänden zu bilden.



Fig. 655—656.

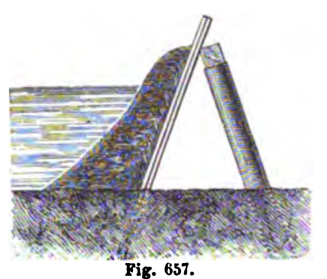


Fig. 657.

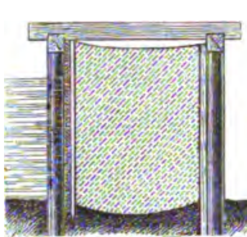


Fig. 658.

Das Ausschöpfen der Baugrube pflegt von dem sog. Sumpfe aus zu geschehen, einer Vertiefung an der Sohle der Baugrube. Dabei ist darauf zu sehen, dass der Sumpf nicht direct durch das Grundwasser gespeist wird oder Zuflüsse von Quellen erhält. Man muss dann entweder die Quellen oder die Zuflüsse verstopfen, oder man giebt dem Sumpfe ordentliche Umfassungswände, welche nur Wasser von oben zulassen.

Rammen, Abschneiden und Ausziehen von Pfählen und Spundwänden. Die Form und Ausführung der einzurammenden Pfähle und Spundwände ist sehr verschieden. Von Wichtigkeit ist, dass die Hölzer gerade gewachsen, glatt, d. h. keine vortretenden Aeste besitzen und gerade abgeschnitten sind. Die Stärke der Hölzer ist abhängig von der Tiefe der Einrammung, der Bodenart und der Länge der Hölzer. Man macht Grundpfähle von 3 m Länge im Minimum 25 cm dick und für jedes fernere Meter um 1—2 cm stärker. Bohlwerkspfähle werden ebenso stark gemacht, Gerüstpfähle je nach Umständen stärker oder schwächer. Die Pfähle müssen mit einer vierseitigen Spitze am Wipfelende versehen sein oder bei steinigem Boden mit einem eisernen Schuh (Fig. 659—661). Die Köpfe der Pfähle sind beim Rammen mit einem Pfahlring aus bestem Schmiedeeisen zu versehen. Die Grundpfähle werden beim Rammen an der Ramme durch Taue oder Ketten geführt, die Spundbohlen dagegen stets zwischen zwei Zwingen, am besten übereinander.

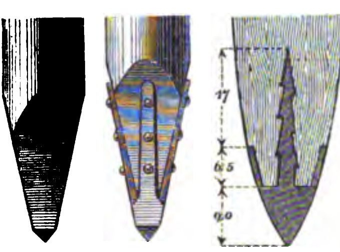


Fig. 659—661.

Zu vermeiden ist das Aufpfropfen der Pfähle oder das Aufsetzen einer sog. Jungfer. Letzteres muss dann angewendet werden, wenn die Pfähle tiefer eingerammt werden müssen, als der Rammbär halten kann. (Ueber Rammaschinen siehe Abschnitt „Baumaschinen“.)

Das Abschneiden der Pfähle und Spundwände unter Wasser geschieht mit sog. Grundsägen. Es sind dies Sägen mit grossen Zähnen und starker Schränkung; man bewegt sie mittelst Schlitten und Gatter oder als Kreissäge durch Vorgelege, und die Kreissegmentsäge durch eine auf der Achse sitzende Kurbel. Spundwände, die von der Seite der Baugruben her trocken liegen, können billiger und bequemer entfernt werden, wenn man sie von dort bis zur Hälfte einkerbt und dann abbricht.

Oft müssen die eingerammten Pfähle wieder ausgezogen werden (Spundwände von Fangdämmen, Rüstpfähle, beim Rammen zersplitterte Pfähle). Diese Operation kann nur mit besonders kräftigen Vorrichtungen geschehen, da ein Pfahl zum Ausziehen je nach dem Durchmesser und der Eindringungstiefe eine Kraft von 8000—20000 kg erfordert. Die Vorrichtungen hierzu bestehen entweder aus einem Wuchtbaum, welcher durch eine Winde gehoben und dann fallen gelassen wird, dann für leichtere Pfähle und Spundbohlen aus einer Winde mit Bock und einer Leitrolle, welche sich senkrecht über dem Pfahl befindet, oder aus hölzernen und eisernen Schrauben, welche stets paarweise zu verwenden sind.

Das Baggern geschieht bei kleineren Bauten bis zu einer Wassertiefe von 2 m direct mit der Hand mit dem Stielbagger. Derselbe besteht aus einem 40 cm weiten eisernen Bügel mit 10 cm breiter Schneide und daran befindlichem Beutel aus Segeltuch. Der Stiel ist ca. 7 cm dick und etwa doppelt so lang, als das Wasser tief ist. Bei grösseren Bauten und grösseren Wassertiefen verwendet man besondere Baggermaschinen mit Schaufel- oder Eimerketten. Die Kette ohne Ende, an welcher an jedem 3. oder 4. Gliede ein aus Blech angefertigter Eimer mit verstählter Schneide von ca. 0,2—0,5 cbm Inhalt befestigt ist, geht über 2 Trommeln, von denen die obere (vierkantige) Trommel treibt, die untere (sechskantige) nur führt. Die Kette hat entweder eine senkrechte oder eine geneigte Lage. (Ueber Baggermaschinen siehe noch den Abschnitt „Baumaschinen“.)

Beim Wasserbau noch hin und wieder vorkommende Manipulationen von geringer Wichtigkeit sind: Sprengen, Kratzen, Heben von Steinen, Tauchen etc. Das Sprengen findet nur Anwendung, um unter

Wasser vorhandene Felsen u. dgl. fortzuschaffen. Das losgesprengte Material wird dann mit grossen eisernen Rechen entfernt, die von Pferden oder Schiffen gezogen werden (Kratzen).

Zum Fassen grosser Steine unter Wasser benutzt man vorzugsweise die Steinzange, die in Fig. 662 im geschlossenen Zustande dargestellt ist. Sie besteht aus zwei eisernen Doppelarmen, von denen der eine mit einem langen hölzernen Stiel versehen ist, der über Wasser reicht und zum Oeffnen, sowie zum Ansetzen der Zange an den zu hebenden Stein dient; das feste Schliessen bewirkt die Kette. Die unteren Theile der Zange sind gabelförmig gespalten. Grössere Sprengstücke werden mittelst eingesetzter Steinklauen oder anderer Vorrichtungen gehoben.

Fig. 662.

2. Fundirungsarten.

Allgemeine Uebersicht über die Fundirungsarten und ihre Anwendung je nach den Boden-, Wasser- und sonstigen Verhältnissen, siehe Abschnitt „Hochbau".

1. **Das unmittelbare Mauern an der Oberfläche** wurde bereits im Abschnitt „Hochbau" eingehend besprochen. Es ist dazu nur noch zu bemerken, dass bei Wasserbauten stets hydraulischer Mörtel angewendet wird; ferner, dass es oft nöthig ist, die Fundamente aus harten Steinen herzustellen, da die Festigkeit der gewöhnlichen Backsteine, besonders bei schrägem Druck, gewöhnlich nicht ausreicht.

2. **Die Sandschüttung** (Fig. 663) wird mit Vortheil angewendet, wo Unterspülungen durch Wasser nicht zu befürchten sind und sonst ein liegender Rost angewendet werden müsste. Die Schüttung soll beiderseits über die Breite des Mauerfusses um 60—90 cm vorstehen und muss, gut durchfeuchtet, in einer Höhe von 1—2 m aufgeführt werden. Eine 2 m dicke Sandschüttung kann erfahrungsmässig eine Last von 30000—35000 kg pro qm tragen, ohne dass eine merkliche Senkung (von mehr als $1\frac{1}{2}$ cm) entsteht.

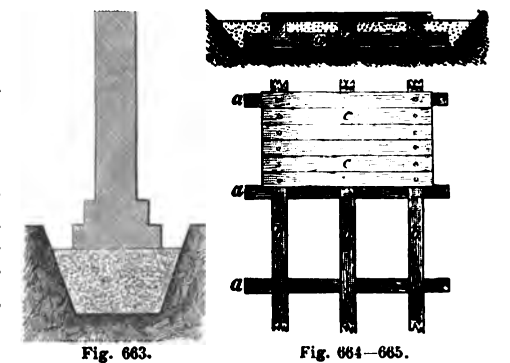
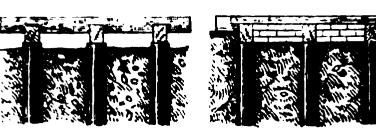
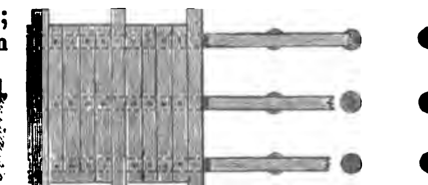


Fig. 663. Fig. 664—665.

3. **Der liegende Rost oder Schwellenrost** (Fig. 664—665) wird an Stelle der Sandschüttung angewendet, wo ein Unterspülen durch Wasser stattfinden kann. Derselbe bildet ein aus Querschwellen *a*, Langschwellen *b* und darüber genagelten Bohlen *c* bestehendes Gerippe oder einen Rost, dessen Zwischenräume mit Thon, Bruchsteinmauerwerk oder Beton ausgefüllt werden. Die Stärke der Schwellen *a* und *b* beträgt ca. 25—30 cm. Der liegende Rost soll immer so angelegt werden, dass er unter dem niedrigsten Stande des Grundwassers liegt.

4. **Der Pfahlrost** (Fig. 666—668) unterscheidet sich dadurch von dem liegenden Roste, dass die Langschwellen von eingerammten Pfählen getragen werden. Die Köpfe der Pfähle sollen 0,5 m unter den niedrigsten Grundwasserstand getrieben werden. Pfähle bis zu einer Länge von 5—6 m bekommen eine Dicke von 20—25 cm; für jeden weiteren Meter Länge wird der Dicke noch 1—1,5 cm zugeschlagen. Die zulässige Belastung kann für einen Pfahl von 24 cm Dicke 25000 kg, für einen solchen von 30 cm Durchmesser 50000 kg betragen. Die Pfähle werden in Entfernungen von 0,8—1,2 m eingetrieben, und die darauf gelegten Langschwellen werden ca. 25 cm im Quadrat angenommen, die Querschwellen etwas schwächer. Um den Boden zwischen den Langschwellen mit zum Tragen zu bringen, werden die Rostfelder sorgfältig ausgefüllt oder auch wohl wie in Fig. 667 regelmässig ausgemauert. Fig. 668 zeigt theilweise den Grundriss der Pfahlreihen, theilweise den des Rostes.



Fig. 666—668.

5. **Betonirung.** Ueberall, wo ein Schwellenrost oder Pfahlrost ausgeführt werden müsste, wird mit Vortheil die Betonfundirung angewendet, wie auch überall, wo wegen des aussergewöhnlichen Wasserzudranges durch den Grund einer Baugrube dieselbe nicht trocken gelegt werden kann. Die Bestandtheile des Betons, sowie das Mischungsverhältniss sind je nach dem Zwecke des Bauwerks sehr verschieden.

Trassbeton:

	2 Th.	Steinschlag	+ 1	Th. Mörtel	(bestehend aus	1	Th. Kalk	+ $1\frac{1}{2}$	Th. Trass	+ $1\frac{1}{2}$	Th. Sand)
	100	„	+ 43,6	„	(„	„ 1	„	+ 1	„	+ 1	„)
	2	„	+ 1	„	(„	„ 1	„	+ 1	„	+ 1	„)
40,5 Kies +	45	„	+ 54	„	(„	„ 1	„	+ 1	„	+ 1	„)

Cementbeton, gewöhnlich aus 1 Th. Portland Cement, 3 Th. scharfen Sand und 5 Th. Steinschlag bestehend; empfehlenswerth ist es, den Mörtel nicht zu fett und möglichst steif zu machen, da sonst beim Versenken zuviel Cement ausgespült wird.

Andere Mischungen sind:

100	Th. Steinschlag	+ 43,6	Th. Mörtel	(bestehend	aus	1	Th. Portl.-Cement	+ 1,4	Th. Sand	)
100	„	+ 43,6	„	(„	„	1	„	+ 2,5	„	)
2	„	+ 1	„	(„	„	1	„	+ 3	„	)
1	„	+ $^3/_4$	„	(„	„	1	„	+ 4	„	)

Bei Betonfundirungen wird die Baugrube hauptsächlich durch Baggern vertieft und nachdem dieselbe dann durch eine Spundwand oder eine andere derartige Vorrichtung umschlossen und genügend vertieft ist, wird das Betonbett in der erforderlichen Stärke mittelst Blechkübel versenkt. Beim Versenken und während der Erhärtung des Betons darf kein Wasser aus der Baugrube geschöpft werden.

6. Die Senkbrunnen eignen sich zur Fundirung von Bauwerken aller Art in allen Fällen, wo überhaupt eine tragfähige Bodenschicht erreicht werden kann. Man gräbt die Baugrube bis auf den Grundwasserstand auf und legt auf die Sohle der Grube einen meist hölzernen Brunnenkranz oder Schling (Fig. 669). Dieser Schling dient dazu, dem Mauerwerk während des Senkens einen festen Zusammenhang zu geben und das Eindringen des Brunnens zu erleichtern. Die Kränze werden gewöhnlich aus 2—4 Bohlenlagen von je 4—8 cm Stärke in gutem Verbande hergestellt, mit sorgfältig ausgeführten Ueberblattungen und Verbolzungen versehen.

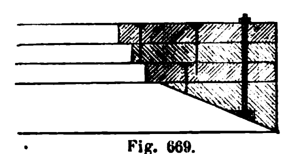


Fig. 669.

Das Brunnenmauerwerk besteht aus Ziegeln in Cementmörtel oder aus Beton, welchen man in hölzerne oder eiserne Formen stampft und damit zu Ringen formt, welche man nach deren vollständiger Erhärtung zu Brunnen zusammensetzt. Hauptbedingung ist, dass die Brunnen aussen möglichst glatt ausgeführt werden, wovon die leichte Senkung wesentlich abhängt. Eine Verankerung der Brunnen braucht nur dann vorgenommen zu werden, wenn der vorher genau untersuchte Boden nach seiner Beschaffenheit ein Abreissen oder Schiefgehen der Brunnen befürchten lässt, was namentlich in unreinem Thonboden vorkommen kann. Im Thonboden sind die Brunnen nach oben zu verjüngen, um ein Festsetzen zu verhindern. Das Senken der Brunnen findet statt, indem man die Erde aus dem Inneren mit Stielbaggern, Drehbaggern u. dgl. herausbaggert und die Brunnen von oben schwer belastet (Fig. 670).

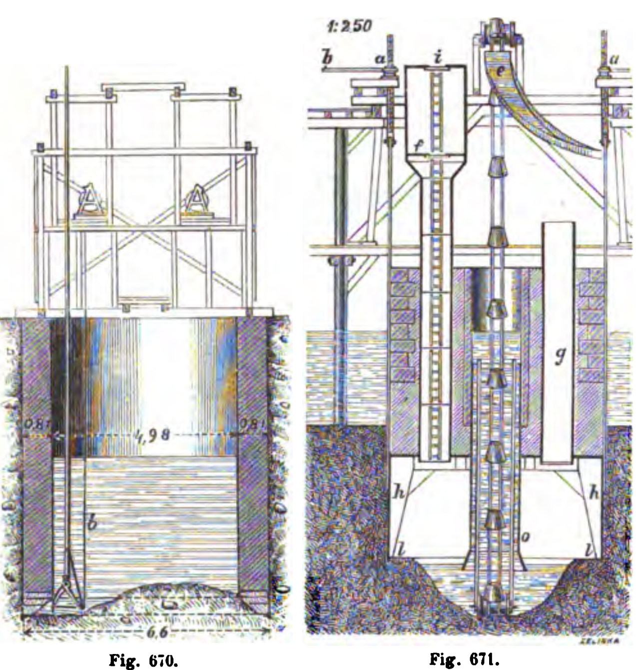


Fig. 670. Fig. 671.

7. Pneumatische Fundirungen. Dieselben bestanden zuerst darin, dass man hohle gusseiserne Cylinder, welche unten offen, oben durch Klappen luftdicht verschlossen waren, in den Boden eines Flusses stellte. Dann wurde die Luft im Innern möglichst verdünnt, wodurch das Wasser von unten in den fast luftleeren Raum einströmte, den unter dem Rohre befindlichen Boden lockerte, sodass der mit einem bedeutenden Gewichte belastete Cylinder etwas in den Boden sank. Dieses wurde dann längere Zeit fortgesetzt, bis die Pfähle (Röhren) tief genug eingedrungen waren. Diese sog. pneumatischen Cylinder liessen sich bei einer bedeutenden künstlichen Belastung wohl leicht in den lockeren Sand und Kiesboden eintreiben, doch waren damit mehrere Unbequemlichkeiten verbunden, indem man den oberen Deckel wiederholt abnehmen musste, um das Wasser auszupumpen und die eingedrungene Erde auszubaggern, worauf der Deckel wieder geschlossen wurde und die Luftpumpe von neuem anfing zu arbeiten u. s. w. Die Fundirung nach diesem Princip wurde dann mehrfach abgeändert und verbessert, bis man dazu kam, statt der Luftverdünnung eine Compression anzuwenden. Die Arbeiter waren nun befähigt, in der Röhre unten zu arbeiten, da die comprimirte Luft alles Wasser zurückhielt. Der Boden wurde von innen losgegraben und durch eine Luftschleuse, welche man angebracht hatte, um nicht jedesmal die ganze comprimirte Luft zu verlieren, nach aussen befördert. Später nahm man statt der gusseisernen Röhren mit Belastungsgewicht schmiedeeiserne Kästen, sog. Caissons, auf welchen das Mauerwerk von Anfang an ausgeführt wurde. Man erhielt dadurch ein Belastungsgewicht, welches die angenehme Eigenschaft hatte, dass es mit der

Grösse der Widerstände, d. h. mit der Menge des ausgegrabenen Materials grösser wurde. Der Caisson, welcher neuerdings auch ganz aus Mauerwerk mit einem Schling gebildet wird, wurde nun zum Versenken an einem Gerüste aufgehängt und man führte auf ihm das Pfeilermauerwerk auf, bis der Caisson den Grund erreicht hatte. Nun tritt die eigentliche pneumatische Fundirungsmethode in Thätigkeit, d. h. es wird der Caisson mit comprimirter Luft gefüllt und die Ausgrabung oder Ausbaggerung kann geschehen.

Fig. 671 stellt den Schnitt der pneumatischen Fundirung eines Brückenpfeilers dar. Der Luftkasten (Caisson) hängt an 8 Schrauben *a* in einem starken Gerüste. Der Kasten ist aus Eisenblech gebildet und mit inneren Consolen *h* versehen, um den oberen Rand zur Aufnahme des Mauerwerkes zu unterstützen. Es sind 3 Schachte vorhanden: *f*, *g* und *o*. Davon dient *o* zur Aufnahme eines Verticalbaggers, welcher sein nach oben befördertes Gut durch die Rinne *e* entfernt. Die beiden seitlichen Einsteige- oder Fahrschachte *g* sind cylindrische Röhren von ca. 1 m Weite. Sie werden nicht gleichzeitig gebraucht, sondern man wendet sie abwechselnd an, um bei der Erhöhung des Pfeilers keine Unterbrechung im Betriebe zu haben, was nach einiger Zeit regelmässig geschieht. Die Luftschleuse *f* besitzt 2 Klappen *i* und *f*, durch welche eine Communication mit dem Inneren möglich ist; die comprimirte Luft wird dicht unter *f* eingeführt. Die Arbeiter graben den Boden bei *l* los und werfen ihn in die Mitte zum Bagger, welcher ihn nach aussen schafft. Das Niederlassen erfolgt durch Lösen der Muttern *b*.

B. Canalbau.

1. Uferbefestigungen. Die einfachsten Schutzvorrichtungen sind Rasendecken und Anpflanzungen von Weiden mittelst frischgeschnittener Stecklinge. Die Pflanzung schützt den darunter befindlichen Boden vor den nachtheiligen Wirkungen einer starken Strömung zur Zeit des Hochwassers und vor den Beschädigungen durch Eis und Wellenschlag, indem sie die Geschwindigkeit des Wassers ermässigt. In einigen Fällen, besonders bei steilen Böschungen sind diese Vorrichtungen nicht anwendbar. Die Befestigung des Ufers erfolgt dann entweder mit Hilfe von zu Faschinen verarbeitetem Strauchwerke, von Steinen, beiden Deckmaterialien (Faschinen und Steinen) gemeinschaftlich oder endlich mit Bohlenwerks. Das dauerhafteste Material sind zweifellos Steine, welche jedoch in vielen Gegenden zu kostspielig zu beschaffen sind, sodass man auf die Verwendung von Faschinen, welche allerorts leicht erzeugt werden können, angewiesen ist.

Die Ufer müssen bei sandigem, leichtem, abschwimmendem Erdreich durch Futtermauern oder Bohlenwerke geschützt werden. Die Stärke der Futtermauern ist abhängig von ihrer Form, dem spec. Gewichte der Steine und dem Druck der Hinterfüllungserde, wobei fester Untergrund oder sichere Fundirung vorausgesetzt wird. Man macht die Böschung der vorderen Fläche bei Backsteinen $1/15$—$1/10$, bei Quadern $1/10$—$1/7$. Die mittlere Stärke der Futtermauern wird bei vorderer senkrechter Fläche zu $1/3$ der Höhe, bei vorderer geböschter Fläche zu $1/4$—$1/5$ h angenommen. Es ist zweckmässig, die Lagerfugen nach hinten etwas zu neigen. Fig. 672 zeigt die Anordnung einer derartigen Futtermauer, welche keiner weiteren Erklärung bedarf.

Die Bohlenwerke werden meistens aus Holz, selten aus Eisen construirt. Die Stärke der dazu verwendeten Pfähle variirt zwischen 25 und 35 cm; dabei spielt als Hauptfactor die Dauer gegen Fäulniss mit. Man giebt den Pfählen eine Neigung von $1/10$ und lässt sie bei weichem Boden etwa so tief in den Boden reichen, als sie oben frei stehen, bei festem Boden halb so tief.

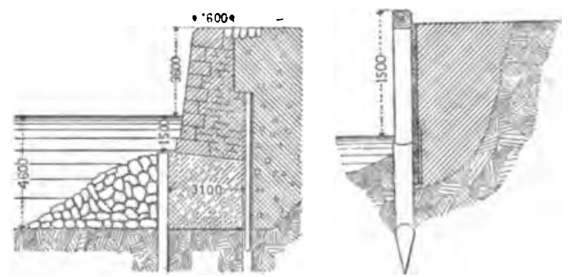


Fig. 672—673.

Die Pfähle werden in einen oben abgerundeten Holm verzapft und stehen in Entfernungen von 1—1 ½ m. Den aus Eichenholz bestehenden Hinterkleidungsbohlen giebt man eine Stärke von 5—7 cm (Fig. 673).

2. Querschnittsverhältnisse der Canäle. Der Querschnitt der Canäle muss so gewählt werden, dass die Reibungswiderstände des Wassers an ihren Wandungen zu einem Minimum werden. Dieses ist der Fall, wenn der benetzte Umfang im Verhältniss zum Querschnitt ziemlich klein ist. Bei rechtwinkeligem Querschnitt ist dieses der Fall, wenn die Breite b das Doppelte der Tiefe a beträgt, oder es muss sein: $b = 2a$, wobei der Querschnitt $F = 2 . a^2$ und die Tiefe $a = \sqrt{\frac{F}{2}}$ ist. Da diese Dimensionsverhältnisse ausserdem für die Herstellung der Canäle aus Holz und Stein sehr passend sind, werden dieselben für Canäle dieser Art fast ohne Ausnahme eingehalten.

Bei den in die Erde gegrabenen Canälen mit Seitenböschung gestalten sich die Verhältnisse nicht so einfach. Nennt man bei diesem Canalquerschnitt (Fig. 674) b die untere, b_1 die obere Breite, a die Tiefe des Canals, α den Böschungswinkel, n die Böschung, F den Canalquerschnitt, welcher vom Wasser ausgefüllt ist, so bestimmt man hierfür die vortheilhafteste Form nach:

$$a = \sqrt{\frac{F \cdot \sin\alpha}{2 - \cos\alpha}}; \quad b = \frac{F}{a} - a \cdot \operatorname{cotg}\alpha; \quad b_1 = \frac{F}{a} + a \cdot \operatorname{cotg}\alpha.$$

Das Verhältniss von $\frac{b}{a}$ liegt gewöhnlich innerhalb der Grenzen 4 bis 6.

Fig. 674.

Die **Böschung** beträgt für Canäle in gewöhnlicher leichter Erde $n = 2$ $(\alpha = 26^0 33')$, für Canäle in sehr fester Erde $n = 1$ $(\alpha = 45^0)$, für Canäle aus Bruchsteinen $n = \frac{1}{2}$ $(\alpha = 63^0 26')$ und für Canäle aus Mauerwerk $n = 0$ $(\alpha = 90^0)$.

Ist die Tiefe des Canals beliebig, so giebt folgende Formel ganz passende Werthe: $\frac{b}{a} = 2{,}7 + 0{,}9\ F$; es wird dann $a = \sqrt{\frac{F}{\frac{b}{a} + \operatorname{cotg}\alpha}}$; $b = \left(\frac{b}{a}\right) a$.

Die Gefällverhältnisse der Canäle sind nach den Angaben im Abschnitt: „**Hydraulik**" (Bd. IV) zu bestimmen, doch ist dabei zu beachten, dass man den Abflusscanälen der Mühlen ein grösseres Gefälle geben muss, als sich nach jenen Regeln ergiebt, um das Hinterwasser rasch von dem Motor zu entfernen.

Die Geschwindigkeit in dem **Obergraben** einer Mühle soll nicht unter 0,3 m betragen, um das Absetzen von Sand, Schmutz u. dgl. zu verhüten. Einige Constructeure gehen mit der Geschwindigkeit, mit der sie das Wasser durch die Canäle laufen lassen, noch höher. Sie nehmen dieselbe nicht unter 0,8 m an, um durch diese grosse Geschwindigkeit das Ansetzen des Eises vollständig zu verhindern und die Reinigung des Canals ganz zu ersparen.

Alle plötzlichen Querschnitts- und Richtungsänderungen sind in einem Canale zu vermeiden. Bei Krümmungen muss der Canalquerschnitt **vergrössert** und der Krümmungshalbmesser möglichst gross gewählt werden. Das concave Ufer, welches am meisten dabei von dem Wasserdruck und der Geschwindigkeit zu leiden hat, muss durch die oben besprochenen Mittel geschützt werden. Die Zuleitungsgräben der Mühlen werden auf eine Dicke von 20—50 cm mit Lehm oder Beton ausgekleidet, um sie wasserdicht zu machen, bei grösserer Tiefe mit Mauern versehen (siehe oben). Besteht die Ausmauerung aus Ziegeln oder porösen Steinen, so wird oft die ganze innere Fläche mit Cement verputzt.

Bei Anlage von derartigen Canälen in gebirgigen Gegenden, an Thalabhängen u. dgl. lassen sich dieselben meist so führen, dass die sog. Auf- und Abträge oder die aufgebrachten und abgegrabenen Erdmassen unter sich gleich sind, man also eine Zu- oder Abführung von Erde nicht nöthig hat.

Die Canäle müssen von Zeit zu Zeit von Sand, Schlamm und Wasserpflanzen gereinigt werden, da diese (namentlich letztere) die Geschwindigkeit des Wassers beeinträchtigen.

Die Trace eines Canals durchschneidet häufig grössere und kleinere Wasserläufe, Strassen und Eisenbahnen, deren Kreuzung zuweilen erhebliche Schwierigkeiten darbietet. Man leitet die Canäle dann entweder über oder unter denselben fort.

Führt man den Canal über einen Wasserlauf hinüber, so nennt man eine solche Anlage **Aquäduct**, **Brückencanal** oder **Gerinne**; führt man denselben darunter hindurch, so nennt man das Bauwerk eine **Unterleitung**, und ist der Canal zu dem Zwecke der Unterführung mit geneigten oder vertical abfallenden Schenkeln versehen, so nennt man die Anordnung einen **Siphon**. Letztere Anordnung kommt besonders häufig vor bei der Kreuzung eines Canals mit einer Strasse oder einem Eisenbahneinschnitt.

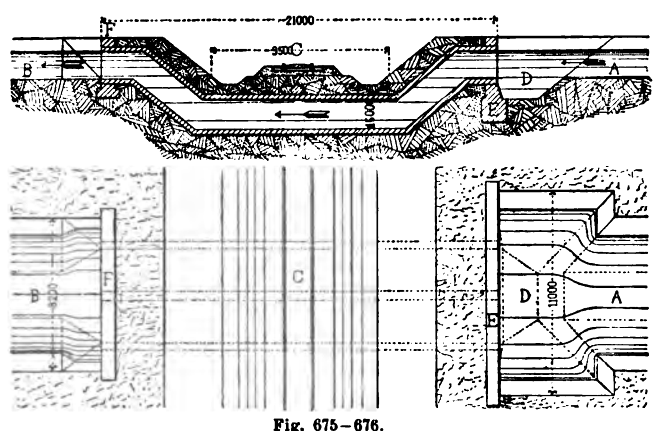


Fig. 675—676.

Fig. 675—676 stellen die Kreuzung eines **Industrie-Canals** AB mit einer **Eisenbahn** C dar. Es ist ein sog. **Heberdurchlass** oder **Siphon** angeordnet, wie er oben angedeutet wurde. Das Wasser des Canals AB gelangt zunächst in das Bassin D, verzögert hier seine Geschwindigkeit, wodurch die mitgeführten festen Substanzen, wie Schlamm und Sand, niedergeschlagen werden. Die Enden des Siphons sind durch 2 Mauern bei E und F gestützt, um Unterwaschungen zu verhüten. Der Durchlass ist in gutem Mauerwerk mit hydraulischem Mörtel hergestellt, um ein Durchsickern zu verhindern, und zwar in zwei durch eine Wand getrennten Hälften, da

sonst die Spannweite des Ueberdeckungsgewölbes eine zu grosse geworden wäre. — Statt der gemauerten Durchlässe ist es zuweilen zweckmässig, gusseiserne oder schmiedeeiserne Röhren zur Unterleitung zu benutzen. Man legt dann stets mehrere Röhren nebeneinander, um einen solchen Querschnitt herzustellen, dass auch bei Hochwasser keine Stauung durch die Anlage hervorgebracht wird.

3. Wehrbau. Die Wehre sind Wasserbauwerke, welche den Zweck haben, das Wasser eines Flusses oder eines Baches auf eine gewisse Höhe zu stauen oder den Wasserspiegel zu heben. Sie werden zur Verbesserung der Schiffahrt und der Landescultur angelegt, so wie besonders zu industriellen Zwecken, indem fast alle hydraulischen Motoren durch künstlich angestautes Wasser betrieben werden. Die Wehre concentriren das vorher ziemlich gleichmässig vertheilte Gefälle einer Flusstrecke an der Stelle, wo sie erbaut sind. Die Stauung reicht nur bis zu einem gewissen Punkte des Flusses aufwärts; man nennt die Entfernung dieses Punktes vom Wehre Stauweite. Die obere Begrenzungslinie des gestauten Wasserspiegels heisst Staucurve. Ueber die Berechnung der Stauweite, der Höhe und Breite der Wehre u. s. w. siehe Abschnitt „Hydraulik".

Man unterscheidet die Wehre in 1. feste Wehre, 2. Schleusenwehre und 3. bewegliche Wehre.

Die festen Wehre werden nach ihrer verschiedenen Höhe zu den Wasserspiegeln in zwei Classen getheilt. Die Krone oder der Fachbaum des Wehres liegt unter dem unteren Wasserspiegel und ist nicht sichtbar, oder der Fachbaum liegt zwischen dem oberen und unteren Wasserspiegel. Erstere nennt man Grundwehre oder unvollkommene Ueberfälle (Fig. 678); die letzteren sind die gewöhnlich vorkommenden; man nennt sie Ueberfallwehre oder vollkommene Ueberfälle (Fig. 677).

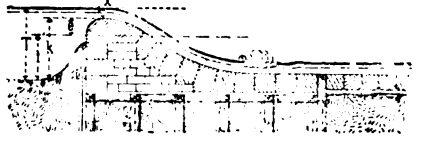


Fig. 677.

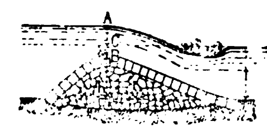


Fig. 678.

Man hat die Wehre in verschiedener Richtung gegen die Ufer angelegt: normal, schief, nach einer gebrochenen Linie und nach einem Kreise. Die vortheilhafteste Richtung für die Erhaltung der Ufer ist unstreitig die Kreisform, doch kommt dieselbe in ihrer Anlage zu theuer. Die nächst gute, aber bedeutend billigere Anordnung ist die normal gegen die Ufer des Flusses gerichtete; dieselbe findet die meiste Anwendung. Zu verwerfen ist es, die Wehre geneigt gegen die Ufer oder in gebrochener Linie anzulegen. Es werden dabei die Ufer sehr beansprucht, und die Kosten sind bedeutend höher als bei den normal gegen die Ufer gerichteten Wehren.

Der Vorboden des Wehres ist dem Stosse des Eises im Winter sehr ausgesetzt; ist er sehr lang und flach, so entsteht bei Frost sehr leicht eine Anhäufung von Eis auf demselben. Von besonders widerstandsfähigem Material ist die Krone des Wehres herzustellen; ihre Höhe ist von der grössten Bedeutung für das Wehr (Fachbaum), auch ist sie den stärksten Angriffen des Wassers ausgesetzt. Der Hinter- oder Abschussboden wird bald sehr flach, bald sehr steil construirt, bald fehlt er ganz. Je flacher der Hinterboden ist, desto grösser ist die Geschwindigkeit des fliessenden Wassers und desto stärker werden Ufer und Flussbett unterhalb des Wehres angegriffen. Ist der Hinterboden sehr steil, so muss der erste Stoss des Wassers gut aufgefangen werden, es fliesst dann aber um so ruhiger ab. Unterhalb des Wehres wird ein Sturzbett hergestellt in loser Steinschüttung oder aus grossen Sinkstücken, am besten von im Trockenen ausgeführtem Pflaster aus möglichst grossen Quadern zwischen Pfählen und Flechtzäunen oder auf einer Unterlage von Packwerk. Ferner ist eine Abdeckung der Ufer unterhalb des Wehres nothwendig, um den Abbruch derselben zu verhüten. Die Seitenwangen werden wegen des starken Angriffs meistens massiv ausgeführt, mit Böschung vor und hinter dem Rücken und langen, ins Ufer greifenden Flügeln. Bei kleineren Ausführungen begnügt man sich statt der Wangen auch mit einer Befestigung des abgeschrägten Ufers.

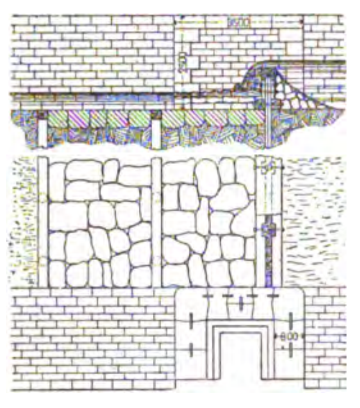
Bei allen Wehren ist der Grund sorgfältig vor Unterspülung zu schützen. Dieses geschieht durch Anbringen von Spundwänden, und zwar wendet man bei steinernen Wehren zwei Spundwände, eine oberhalb, eine unterhalb des Wehres, an; bei hölzernen Wehren bringt man deren drei an, eine oberhalb, eine unterhalb und eine in der Mitte unter der Krone liegend, letztere wird dann zugleich als Flügelwand ins Ufer hinein verlängert.

Die hölzernen Wehre werden gewöhnlich in drei verschiedenen Constructionen ausgeführt: Senkrechte Wehre, Wehre mit geneigtem Abschussboden und Wehre mit Stufen. Man muss darauf Rücksicht nehmen, dass die einzelnen Theile des Wehres nicht so leicht den Wechsel von Nässe und Trockenheit erleiden.

Grundriss und Querprofil der hölzernen Wehre dürfen nur geradlinige Formen zeigen, da sich Krümmungen sehr schlecht in Holz herstellen lassen. Handelt es sich um die Ausführung eines hölzernen Ueberfallwehres, so richtet sich die Construction nach der Wehrhöhe und der Höhe des überströmenden Wassers. Bei geringer Höhe von 1 m bis höchstens 2 m genügt gewöhnlich eine solide Spundwand, die

sich mit Streben gegen eine künstlich befestigte Sohle stützt; bei etwas grösserer Höhe sind zwei, zuweilen auch drei und mehr Spundwände nöthig, die alsdann untereinander verbunden werden, indem man eine Steinschüttung, Beton oder Mauerwerk dazwischen bringt.

Ein Wehr von 1 m Höhe ist in Fig. 679 und 680 abgebildet. An die massiv ausgeführten Ufermauern schliesst sich eine regelrecht hergestellte Spundwand an. Die untere Sohle ist mit grossen Steinen abgepflastert, die sich gegen zwei Grundschwellen legen.


Fig. 679—680.

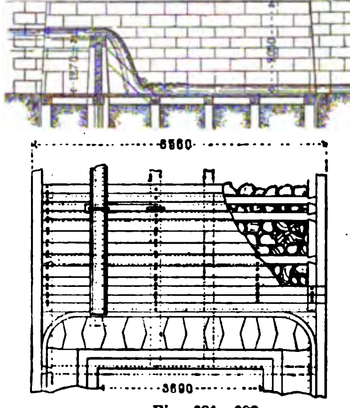
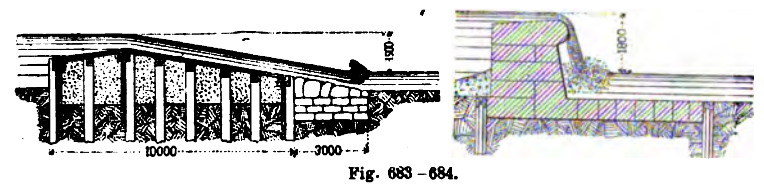

Fig. 681—682.

Fig. 681 und 682 zeigen die Construction eines Wehres von grösserer Höhe. Der Grund wird durch drei Spundwände vor Filtrationen gesichert; die eine befindet sich oberhalb, die andere unterhalb des Wehres, und die dritte steht direct unter der Stauwand. Der Fachbaum wird auf der Stauwand durch eiserne Bolzen gehalten. Die Fächer des hölzernen Wehrbodens sind sorgfältig mit Steinen ausgepflastert und mit hydraulischem Mörtel übergossen.

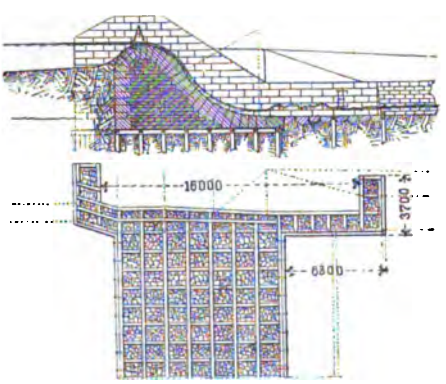
Fig. 683 deutet die Construction eines hölzernen Wehres mit geneigtem Abfall für einen Boden an, welcher nicht wasserdicht und gegen die Strömung wenig widerstandsfähig ist. Dasselbe besteht aus wenigen Pfahlreihen, wovon drei mit Bohlenverschalung zur Abgrenzung der aus Beton, Steinschüttung etc. bestehenden Zwischenschüttung.


Fig. 683—684.

Für die steinernen Wehre kommen hauptsächlich zwei Profile zur Anwendung; man lässt das Wasser entweder senkrecht herabstürzen oder man führt es dem unteren Strombette in einer flachen Curve möglichst sanft zu. Im ersteren Falle zerstört sich, wie schon bemerkt, die Kraft des Wassers schon beim Aufstossen auf den Sturzboden, welcher daher fest construirt und möglichst wasserdicht sein muss, damit der Druck des Wassers sich nicht durch einzelne Fugen auf den losen Untergrund übertragen kann.

Ein Beispiel eines Wehres mit senkrechtem Abfall ist Fig. 684. Dasselbe ist auf eine aufgeschwemmte Sohle gegründet. Der Rücken des Wehres steigt stromabwärts etwas an, um den stromaufwärts gekehrten Rand des Wehrrückens dem Stosse des darüber treibenden Eises zu entziehen.

Soll das Wehr in der Art angeordnet werden, dass das Wasser ohne plötzlichen Sturz und unter Beibehaltung der ganzen Geschwindigkeit recht regelmässig übergeführt wird, so pflegt man eine Construction zu wählen, wie sie in Fig. 685—686 dargestellt ist.

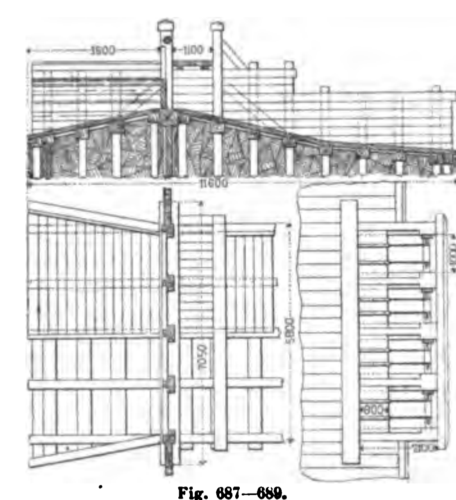

Fig. 685—686.

Das Wehr, welches dazu bestimmt ist, das Wasser einem Fabrikcanal zuzustauen, ist sehr solid auf Pfahlrost fundirt. Gegen Unterspülung wird Schutz durch die Anbringung zweier Spundwände, die eine vor dem Wehr, die andere hinter dem Wehr, gewährt. Unterhalb des Wehres vor dem Abfallboden ist eine Steinschüttung aus grossen Steinen ausgeführt, um die Sohle des Untergrabens zu schützen.

Ist die Wassermenge eines Gewässers sehr veränderlich und darf eine bestimmte Stauhöhe nicht wesentlich überschritten werden, so wird die Stauung mittelst einer oder mehrerer Schleusen hervorgebracht, durch deren theilweises Aufziehen die Stauhöhe immer gleich erhalten werden kann. Ein derartiges Schleusenwehr mit Kettenaufzug ist in Fig. 687—689 dargestellt. Dasselbe ist auf Pfahlrost fundirt, durch drei Spundwände vor Unterspülung geschützt und vollständig in Holz ausgeführt. Die verticalen Führungspfosten der Schützen sind mit grosser Sorgfalt zu befestigen und an ihrem oberen Ende in einem starken Balken zu verzapfen. Der Abfall wird bei einer grösseren Höhe als 1—1½ m in mehreren Absätzen ausgeführt.

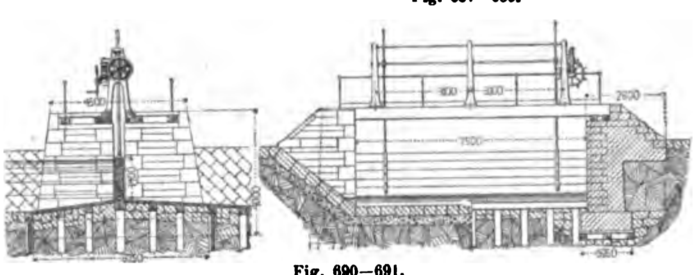
Fig. 690 und 691 zeigen ein Schleusenwehr mit gemauerten Seitenpfeilern beim Ausflusse eines Teiches. Das Wehrgerinne sitzt auf einem Pfahlrost mit zwei Spundwänden, die eine vor, die andere hinter der Wehrschwelle in gleichen Abständen.

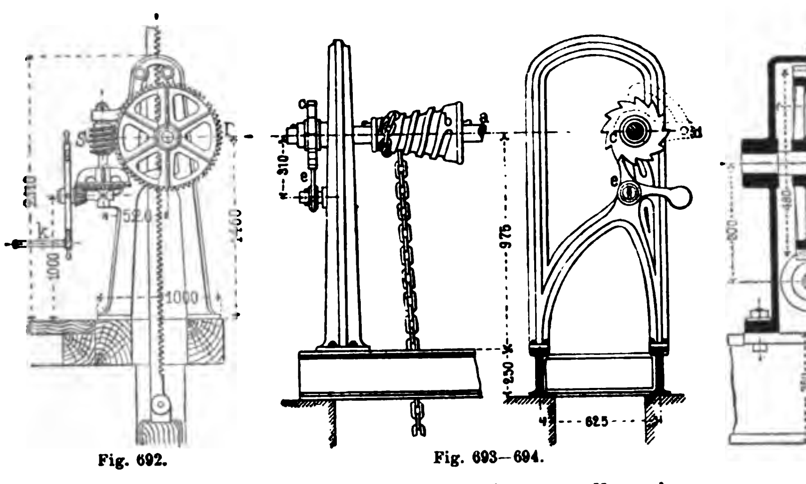
Die Schütze wird in Nuthen oder Rinnen geführt, welche in die massiven Seitenpfeiler eingehauen sind, und durch eine hübsche mechanische Vorrichtung (Fig. 692) aufgezogen und niedergelassen. Letztere besteht darin, dass ein Handrad oder eine Handkurbel *k* auf ein Kegelrad wirkt, welches in ein anderes Kegelrad fasst, das mit einer Schraube ohne Ende *s* auf derselben Welle befestigt ist. Die Schraube ohne Ende greift in ein Schraubenrad *r* und dieses setzt wieder eine Welle in Umdrehung, auf welcher zwei kleine Stirnräder befestigt sind, die mit den Zahnstangen, an denen die Schütze hängt, in Eingriff stehen.

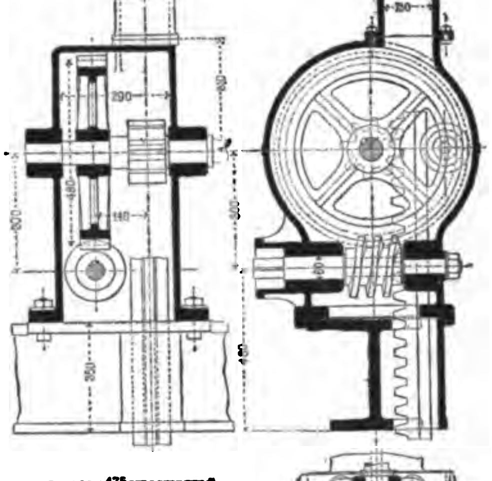

Fig. 687—689.

Kleinere Schützen, welche keinem Wasserdruck zu widerstehen haben, werden oft nur in einem Punkte aufgehängt. Sie kommen dabei leicht in eine schiefe Lage und ein Klemmen der Schütze ist unausbleiblich. Zweckmässiger ist es deshalb, die Schützen an zwei Punkten aufzuhängen. Der Aufzug wird mittelst Ketten, Zahnstangen oder Schraubenspindeln vermittelt, die, wenn sie zu zweien angebracht sind, so miteinander verbunden werden müssen, dass sie gleichzeitig angezogen werden.

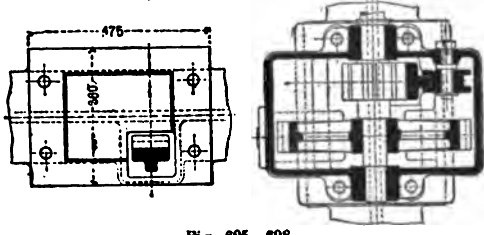
Die einfachste Art der Kettenaufzüge besteht darin, dass man die Kette auf eine über der Schütze befindliche hölzerne Welle wickelt, welche an den Enden Durchbohrungen besitzt, durch welche Stäbe gesteckt werden, um die Welle drehen zu können (Fig. 689). Statt der hölzernen Wellen werden auch solche von Eisen verwendet. Man bringt dann den für das Aufwickeln der Kette nöthigen Durchmesser durch einen besonderen


Fig. 690—691.


Fig. 692. Fig. 693—694.



Aufsatz auf der Welle hervor. Fig. 693 und 694 stellen einen Kettenaufzug dar, bei welchem man auf die Welle *a* zur Vergrösserung des Durchmessers Gusseisenklötze *b* mit spiralförmigen Einkerbungen für die Kettenglieder aufgesetzt hat. Diese Klötze *b* sind konisch, sodass die Kraft zum Aufwinden der Schützen nahezu constant ist, denn die Kette wird bei vollem Wasserdruck gegen die Schützen auf einen kleineren Durchmesser gewickelt als später, wenn dieselben theilweise gehoben sind. Auf der Welle *a* sitzt am Ende ein Sperrad *c*, in welches ausser dem Sperrkegel *e* noch ein Hebel mit Haken *d* greift, um die Welle in Umdrehung setzen zu können.


Fig. 695—698.

Die gebräuchlichste Anordnung der Schützenaufzüge ist diejenige mittelst Zahnstangen.

Es ist dabei in der Regel eine Schraube ohne Ende vorhanden, die in ein Schraubenrad greift, auf dessen Welle zwei kleine Stirnräder vorhanden sind, welche mit den Zahnstangen in Eingriff stehen.

Fig. 695—698 stellen einen Schützenaufzug dar, der nach diesem Princip gebildet ist. Sämmtliche Theile desselben sind dabei in einem Gestell gelagert, welches das Windewerk vollständig als Gehäuse umschliesst. Das Gestell ist auf einem gusseisernen Balken befestigt, welcher ausgespart ist, um der Zahnstange einen Durchgang zu gestatten. Die Zahnstange wird beim Aufwärtswinden ebenfalls durch ein rohrartiges Gehäuse umschlossen. Die Anwendung dieser Aufzugsvorrichtung ist durch die Fig. 699—701 dargestellt. Dabei ist ausser der oben beschriebenen Winde *a* noch ein ähnlich geformtes Gestell *b* vorhanden, welches nur Lager für die Welle und die Leitrolle und ein in die Zahnstange greifendes kleineres Stirnrad enthält.

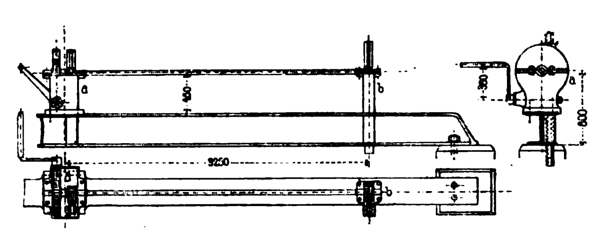


Fig. 699—701.

Ein Schützenaufzug, durch welchen die Zahnstange an dem die Winde unterstützenden Balken vorbeigeführt wird, ist in Fig. 702—704 abgebildet. Es ist hier das Gestell gezeichnet, welches nur zur Aufnahme des Triebes mit der Leitrolle dient. Eigenthümlich bei dieser Anordnung ist, dass das Gestell zur Erleichterung des Montirens nach *ab* in zwei Theile zerlegt ist, welche durch 5 Schrauben zusammengehalten werden.

Zur Zeit der Hochwässer beschränken die Wehre das Flussprofil und hemmen den Abfluss des Wassers dergestalt, dass bei niedrigem Ufer nur zu häufig Ueberschwemmungen in den oberhalb gelegenen Gegenden die Folgen davon sind. Man hat dem Wehre daher die Einrichtung gegeben, dass dasselbe zur Zeit der Hochwässer entweder um einen Theil seiner Höhe oder um seine ganze Höhe erniedrigt werden kann. Solche Wehranlagen nennt man **bewegliche Wehre**, und zwar sind dieses entweder **Klappenwehre** oder **Nadelwehre**.

Fig. 702—704.

Fig. 705—709 stellen die Construction der von **Thenard** auf dem **Isleflusse** gebauten **Klappenwehre** dar. Sie sind Aufsätze auf steinernen Wehren. Das Wehr besteht aus zwei Klappenreihen, von denen die flussabwärts gekehrte, mit Streben festgestellte die definitive Stauvorrichtung bildet. Die oberhalb befindliche, mit Ketten befestigte dient nur vorübergehend, um die untere für das Aufstellen zugänglich zu machen.

Ist das Wehr endgiltig aufgestellt, so steht die untere Klappe *b* wie Fig. 708, und die obere *a* liegt, wie Fig. 709 zeigt. Fig. 709 zeigt das vollständig niedergelegte Wehr. Die Stützen *c* der Klappen *b* werden an Erhöhungen einer gusseisernen Platte festgehalten. Soll das Wehr niedergelegt werden, so bewegt man eine Stange *e*, welche als Zahnstange am Ufer endigt, mit Hilfe von Kurbel und Zahnrad. Ansätze an der Stange *e*, welche so angebracht sind, dass einer nach dem anderen zu den betreffenden Streben gelangt, schieben diese der Reihe nach auf die Seite, sodass sie in die Rinne der Gusseisenplatte gelangen und, ihres Haltes beraubt, die Klappen zum Umstürzen bringen. So wird durch allmähliches Vorschieben der Stange *e* eine Klappe nach der anderen umgelegt.

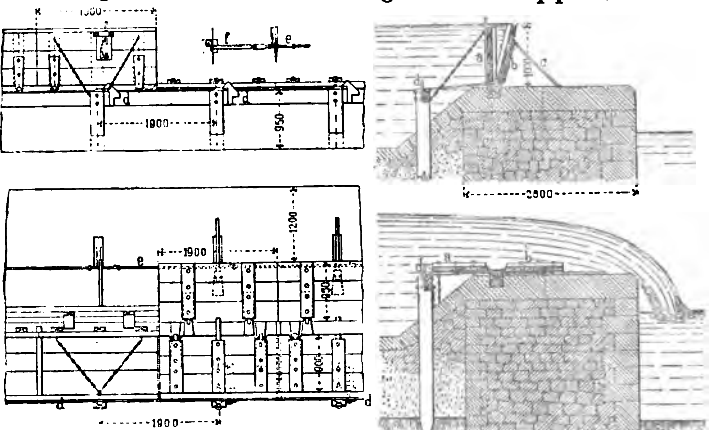


Fig. 705—709.

Die Schlösser der Klappen *a* werden bei *d* durch Haken gehalten, die an einer über die Pfähle weggehenden Stange befestigt sind, welche ebenfalls mit Kurbel und Zahnrad verschoben werden kann. Geschieht letzteres, so verlassen die Haken die Schlösser und die Klappen *a* werden so weit durch die Strömung gehoben, als es die Ketten erlauben.

Nun ist das Wehr zugänglich und die Klappen *e* werden von Hand aufgestellt. Die Klappen *a* sind infolge dessen vom Wasserdrucke befreit und fallen von selbst um. Dabei klappen die Schlösser wieder in die Haken ein, welche man durch Zurückschieben der Stange an die hierfür passende Stelle gebracht hat.

Eine andere Art beweglicher Wehre besteht darin, dass man mit Hilfe von eisernen umklappbaren

Wehrstützen (sog. Wehrrippen) und von darauf gelegten Bretern ein vollständiges Wehrgerippe bildet, gegen welches man verticale Breter anlehnt, die leicht eins nach dem anderen fortgenommen werden können. Es genügt indessen nicht, dass man diese Breter oder verticalen Querschwellen (die sog. Nadeln) wegnehmen kann, sondern es muss auch das ganze Wehrgerippe beseitigt werden können. Fig. 710—713 stellen ein derartiges Nadelwehr dar. Soll das Wehr aufgerichtet werden, so richtet man, vom Ufer ausgehend, eine Rippe nach der anderen mittelst einer gemeinschaftlichen Kette (an welche sämmtliche nebeneinanderstehenden Rippen gehängt sind) auf, legt Breter darüber, welche einen Steg oder eine Brücke bilden, von welcher aus man das Wehr immer weiter aufrichten kann, indem die Wehrrippen durch beiderseits aufgelegte Halter in ihrer verticalen Lage gehalten werden.

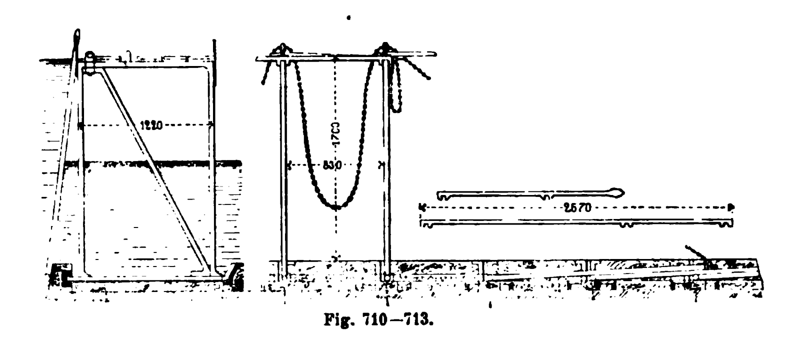


Fig. 710—713.

Das Auf- und Abbauen dieser Wehre ist mehr oder weniger mühsam und erfordert stets eine gewisse Zeit und einige Arbeiter. Man stellte daher schon früher Wehre her, welche durch den Druck des Oberwassers selbstthätig gehoben wurden. Ein Wehr, welches vollständig automatisch vom Wasser geöffnet oder geschlossen wird; ist in Fig. 714—717 dargestellt. Dasselbe ist ausgeführt in Noisiel an der Marne in Frankreich und beschrieben in Armengaud aîné, Publication Industrielle, Vol. 21.

In dem halbkreisförmigen Ausschnitt G des Wehrfundamentes, der sog. Trommel, sind drehbare Klappen JJ^1 angebracht, deren Bewegung leicht um eine horizontale Achse erfolgt. Das Wehr ist bei 40,5 m Länge aus 27 solchen Klappen von je 1,5 m Länge zusammengesetzt; jede Klappe bewegt sich in einem Gerinne, welche voneinander durch gusseiserne Wände abgeschlossen sind. Um die Wirkung des Wehres zu betrachten, genügt es, die Bewegung einer Klappe zu untersuchen.

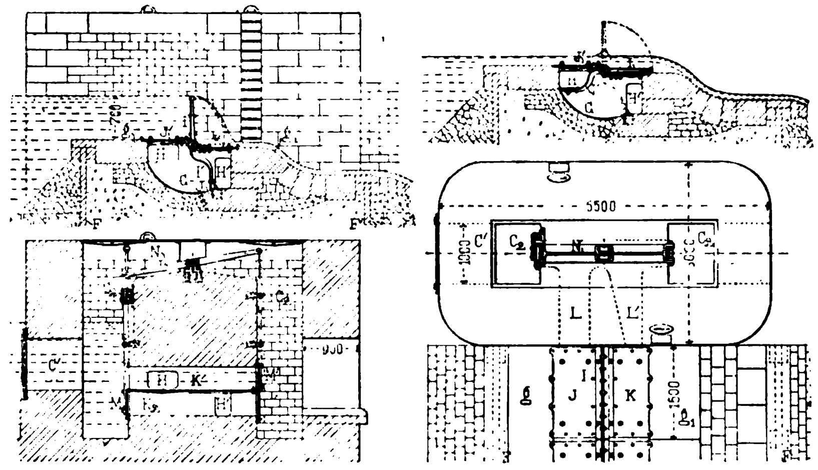


Fig. 714—717.

Liegt die Klappe horizontal (Fig. 716), so ruht dieselbe oben und unten auf den Quadern g und g_1 auf, von welchen in diesem Falle die Krone des Wehres gebildet wird. Hat die Klappe ihre verticale Stellung (Fig. 714) angenommen, so wird die Krone des Wehres aus dem oberen Rand der Klappe gebildet und die Stauung ist um die Höhe der oberen Klappenhälfte grösser als vorher. Der Verschluss des halbkreisförmigen Raumes unter den Klappen ist durch gusseiserne, dicht schliessende Deckel J^1 K gegen das Oberwasser bewirkt. Die Klappe legt sich in ihrer horizontalen Lage mit der oberen Hälfte auf den Deckel K und mit der unteren gebogenen Hälfte unter den Deckel J^1.

Die den Raum zwischen je zwei Klappen abschliessenden Zwischenwände haben unmittelbar unter der Klappe J^1 eine horizontal längliche Oeffnung H und unter der Klappe K eine vertical längliche Oeffnung H^1, welche die Verbindung aller Kammern miteinander herstellen. Werden die Oeffnungen H resp. H^1 nun mit dem Ober- resp. Unterwasser in Verbindung gesetzt, so wird das Oberwasser nach Fig. 716 durch die von den gekrümmten Hälften der Klappen gebildeten Canäle und durch H in jede Kammer geleitet und dadurch ein Aufrichten des gesammten Wehres bewirkt. Das Wehr wird in seiner verticalen Stellung durch die auf die untere Klappenhälfte wirkende Wassersäule gehalten, welche etwas höher ist als die auf die obere Hälfte wirkende. Setzt man die Oeffnung H^1 mit dem Oberwasser in Verbindung, so drückt das Oberwasser jetzt von hinten gegen die untere Hälfte, während die obere Hälfte den Druck des Wassers wie vorhin bekommt; das Wehr wird also niedergelegt.

Fig. 717 stellt den Grundriss der ganzen Anordnung, Fig. 715 einen Schnitt durch den Pfeiler dar. Der Canal H mündet, wie aus dem Grundriss zu ersehen ist, durch einen in Fig. 717 punktirt angegebenen Canal L in einen Raum K^1, welcher durch c^1 mit dem Oberwasser, durch c^2 mit dem Unter-

wasser in Verbindung steht. Der Canal H^1 mündet durch L^1 in K^2 und ist ebenfalls durch c^1 und c^2 mit dem Ober- resp. Unterwasser in Verbindung. Die Canäle K^1 und K^2 sind mit Schiebern M und M^1 verschlossen, welche an einem Balancier N hängen und sich deshalb nur gemeinschaftlich und zwar entgegengesetzt bewegen lassen, nämlich so, dass der eine Schieber sich hebt, wenn der andere Schieber sich senkt. Die Schieber sind so aufgehängt, dass derjenige auf der rechten Seite (M^1) die obere Oeffnung K^1 verschliesst und die untere K^2 öffnet, wenn der linksseitige Schieber M den Raum K^2 abschliesst und den Raum K^1 öffnet. Es genügt einfach die Bewegung des Balanciers mit der Hand, um die Communication der Canäle H und H^1 mit dem Ober- oder Unterwasser herzustellen, resp. das Wehr aufzurichten oder niederzulegen. Das Wehr ist auf einem Betonfundamente, welches zwischen zwei Spundwänden F und F^1 aufgeführt ist, erbaut.

Ein ebenfalls selbstthätiges Wehr anderer Construction ist angewendet bei der **Wehranlage mit Winkel-(Trommel-)Schütze im Main bei Schweinfurt.** Die, im „**Pract. Masch. Constructeur**" **Jahrgang 1879**, beschriebene Anlage befindet sich in einem Flosscanal, welcher durch Einbau eines Mittelpfeilers der Breite nach in zwei ungleiche Theile zerlegt ist, von denen der grössere von 9,64 m Weite für die Einlegung des beweglichen Wehres, der engere, etwa halb so breite Lauf für den Grundablass dient. Der Flosscanal wird an der Wehrstelle durch eine eiserne Strassenbrücke schräg zur Stromrichtung überschritten.

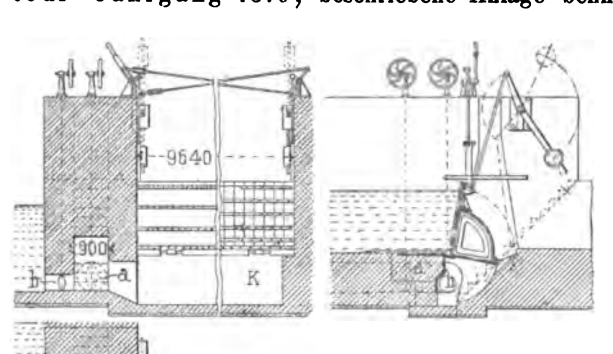


Fig. 718—720.

Fig. 719 zeigt die **Winkelschütze** in vollkommen aufgerichtetem Zustande. Die beiden Schenkel bilden einen Winkel von 86° miteinander und sind 1,85 m resp. 1,32 m lang; sie sind aus einem Rahmenwerk von Winkeleisen mit Blechbekleidung gebildet, an den Kopfenden durch Stirnplatten und parallel zur Drehachse durch einen Viertelcylinderbogen geschlossen, sodass die in allen Fugen schiffsdicht hergestellte Schütze einen Schwimmkörper bildet, der um die horizontale Achse drehbar ist und vermöge seiner Form und Lage die Tendenz hat, sich aufzurichten. Bei geschlossenem Wehr steht der längere Schenkel nahezu vertical und der kürzere entsprechend horizontal. Wird die Schütze niedergelegt, um das Passiren der Flösse zu gestatten, so bewegt sich der kürzere Schenkel in dem viertelkreisförmigen Gerinnboden der Trommel, bis der längere Schenkel eine horizontale Stellung angenommen hat; der kurze Schenkel steht dann nahezu vertical.

Die Schützenkammer (Fig. 719) wird in jeder Stellung der Schütze durch den unteren Schenkel abgeschlossen und kann, je nach der Stellung der Drehklappen a bezw. b, mit Oberwasser oder Unterwasser gefüllt werden. Wird a geöffnet und b geschlossen, so wirkt auf die untere Klappe der ganze Druck der Wassersäule, welche dem Höhenunterschiede der Gerinnsohle und der Höhe des Oberwassers entspricht. Der verticale Schenkel von der Breite (Länge) B bekommt einen Druck: $P = \gamma \,.\, B \,.\, H \,.\, \frac{H}{2}$, dessen Angriffspunkt $^1/_3\, H$ von der Drehachse entfernt ist. Der andere Schenkel erleidet einen nach aufwärts gerichteten Druck: $Q = \gamma \,.\, B \,.\, H \,.\, 1{,}32$ an einem Hebelarm $^1/_2 \,.\, 1{,}32$ wirkend. Das Eigengewicht G der Schütze sucht dieselbe niederzulegen, es wirkt an einem Hebelarm: $l < {}^1/_2 \,.\, 1{,}32$. Bei den gewählten Abmessungen ist bei geöffneter Klappe a das Moment für das Aufrichten grösser wie die Summe der Drehmomente, welche dem Druck des Oberwassers und dem Eigengewicht der Schütze entsprechen.

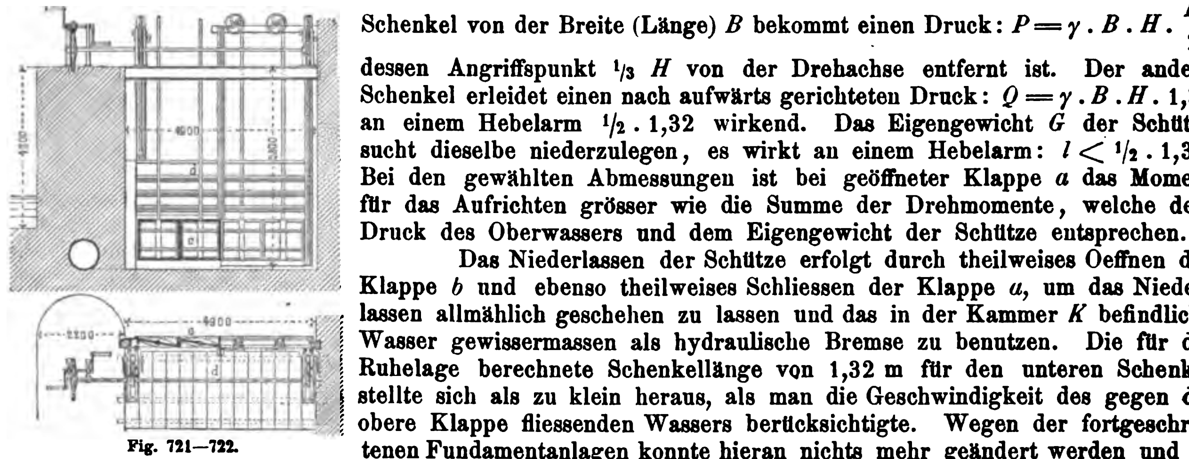


Fig. 721—722.

Das Niederlassen der Schütze erfolgt durch theilweises Oeffnen der Klappe b und ebenso theilweises Schliessen der Klappe a, um das Niederlassen allmählich geschehen zu lassen und das in der Kammer K befindliche Wasser gewissermassen als hydraulische Bremse zu benutzen. Die für die Ruhelage berechnete Schenkellänge von 1,32 m für den unteren Schenkel stellte sich als zu klein heraus, als man die Geschwindigkeit des gegen die obere Klappe fliessenden Wassers berücksichtigte. Wegen der fortgeschrittenen Fundamentanlagen konnte hieran nichts mehr geändert werden und so wurden denn als Nothbehelf zwei je 450 kg schwere Gegengewichte angewendet. Diese Gegengewichte stehen dem Princip der Winkelschütze vollständig entgegen und sollten dieselben eigentlich nicht angewendet werden, denn das Aufrichten wie das Niederlegen des Wehres soll ausschliesslich durch Wasserdruck erfolgen.

Der Grundablass (Fig. 721 und 722) ist der Höhe nach zweitheilig eingerichtet; für die untere Hälfte sind Drehschützen mit genau centrischer Lage der Drehachse ausgeführt, die durch ein Schneckenrad bewegt werden. Die Drehschieber allein werden benutzt in Zeiten, wo die Freiwassermenge gering ist, während in Zeiten grosser Freiwassermengen die durch Zahnstange und Windewerk bewegten Zugschieber ebenfalls in Benutzung treten. Die Drehschieber bestehen aus Gusseisen, die Zugschieber sind aus Profileisen und Blech hergestellt.

Mit industriellen Anlagen an kleinen Flüssen oder Bächen sind oft Sammelteiche verbunden, welche die Bestimmung haben, bei geringeren als den nöthigen Wassermengen zum Betriebe der Motoren das während der Nacht wie überhaupt alles ausser der Arbeitszeit zufliessende Wasser eines Baches aufzusammeln, um dasselbe während der Arbeitszeit consumiren zu können. In manchen Fällen werden Teiche zu dem Zwecke angelegt, um das während der Hochwasserzeit zufliessende Wasser wenigstens theilweise aufzufassen und dasselbe für die trockene Jahreszeit und den Niederwasserstand aufzusparen. Im letzteren Falle bekommen die Teiche ziemlich grosse Dimensionen. Man sucht dieselben immer in einem nach einer Stelle hin sich verengenden Thale anzubringen, an dessen engster Stelle sodann eine Thalsperre oder ein Damm gebildet wird, dessen Höhe durch den Fassungsraum des Teiches bedingt wird.

LITERATUR.

Verzeichniss der benutzten Quellen.

Becker, Wasserbau. Stuttgart, Mäcken.
Von Chiolich-Löwensberg, Wasserbau. Stuttgart, Hoffmann.
Deutsches Bauhandbuch, Berlin, Commissionsverlag von Ernst Toeche.
Franzius und Sonne, Ingenieurwissenschaften. Leipzig, Engelmann.
Hagen, Wasserbaukunst. Berlin, Ernst & Korn.
Klasen, Fundirungsmethoden. Leipzig, Baumgärtner.
Meissner, Hydraulik. Jena, Costenoble.
Perels, Landwirthschaftlicher Wasserbau. Berlin, Wiegand, Hempel & Parey.

VI. Wasserversorgung.

A. Voruntersuchungen.

1. Kreislauf des Wassers.

Das **Wasser** verdunstet bei jeder Temperatur und füllt die ganze Atmosphäre mehr oder weniger mit Wasserdampf an. Der Wassergehalt der Atmosphäre verdickt sich in den oberen Regionen zu Nebel, Wolken und fällt als Thau oder Regen zur Erde nieder. Das niedergeschlagene Wasser läuft theils an der Erdoberfläche ab, theils dringt es in die Erde und beendet dann als Quelle, Bach und Strom, oder Grundwasser seinen Kreislauf, indem es ins Meer fliesst und von dort wieder verdunstet wird.

Das in den Boden sickernde Meteorwasser sinkt in den oberen Schichten der Erde so lange nieder, bis es eine undurchlässige Schicht trifft. Es bewegt sich dann auf dieser so lange weiter, bis es als Quelle mit der Schicht an die Erdoberfläche tritt oder einen offenen Wasserlauf erreicht. Die Menge des einsickernden Wassers ist sehr bedeutend; es bewegt sich in der Erde als Grundwasser sehr langsam, sodass sich bei anhaltendem Regen eine derartige Wassermenge ansammelt, dass die Wasserzüge anhaltend damit gespeist werden können.

Das Grundwasser löst beim Durchsickern der Erdschichten die mannigfachsten Mineralien und Salze auf und ist infolge dessen nie rein; schon das Regenwasser ist nie rein. Dasselbe enthält etwa 4 % Stickstoff und Sauerstoff, Kohlensäure u. a.; dadurch ist es vorzugsweise befähigt, auf die Mineralien einzuwirken, und so ist keine Quelle, kein Grundwasser und kein Fluss frei von mineralischen Bestandtheilen. Daher rührt auch der Salzgehalt des Meeres und der Seebecken, welche stets Zufluss, aber keinen Abfluss haben, indem der, wenn auch noch so schwache Salzgehalt der ihnen zufliessenden Süsswassermengen sich infolge der Verdampfung concentrirt.

Die *Zusammensetzung des Grundwassers* unterliegt den mannigfachsten Veränderungen je nach den Bestandtheilen der Erdschichten, welche es zu passiren hat. Bewegt sich das Wasser nur in Kies- oder Sandschichten, so ist es meistens so rein, dass es ohne Nachtheile genossen werden kann; ebenso ist es noch zum Genusse tauglich, wenn der Untergrund bis zu einem gewissen Grade kalk- oder mergelhaltig ist, weil ein gewisser Kalkgehalt des Wassers nicht nachtheilig einwirkt. Befindet sich die undurchdringliche Schicht in der Nähe der Erdoberfläche, so ist das Wasser gezwungen, seinen Weg durch die von organischen Stoffen durchsetzten oberen Schichten zu nehmen, sodass eine Verunreinigung desselben durch Auflösung von Bodensalzen stets eintritt. *Wasser, welches zum Genusse dienen soll, sollte eigentlich stets durch anhaltende chemische Untersuchungen auf seine Beimischungen geprüft werden.*

Das Grundwasser der Städte ist in den wenigsten Fällen zum Genusse tauglich. Die in den alten Stadttheilen schon seit Jahrhunderten andauernde Verunreinigung des Bodens mit fäulnissfähigen Stoffen aller Art, namentlich mit dem durchsickernden Inhalt der Senkgruben, hat den Boden mit einer solchen Fülle von Substanzen geschwängert, die sich dem Grundwasser mittheilen, dass der Genuss desselben in den meisten Fällen die nachtheiligsten Folgen für die Gesundheit der Bewohner mit sich führt.

Die *Höhe des Grundwasserstandes* wird nicht allein durch die mehr oder weniger grosse Niederschlagsmenge bewirkt, sondern hauptsächlich durch das Steigen und Fallen des Stromwasserstandes. Erst in neuerer Zeit hat man den schädlichen Einfluss erkannt, welchen der wechselnde Grundwasserstand in inficirtem Boden auf den Gesundheitszustand der Bewohner desselben dadurch ausübt, dass er der Zersetzung der fäulnissfähigen Stoffe besonderen Vorschub leistet, und hat deshalb Stromregulirungen u. dgl. ausgeführt, um den Wasserstand möglichst zu fixiren.

2. Wasserverbrauch.

Der **Wasserverbrauch** kann für solche Anlagen, die nur *Trinkwasser* liefern sollen, pro Kopf und Tag zu 25 l gerechnet werden, wobei noch eine genügende Menge für andere häusliche Zwecke vorhanden ist. Ist eine besondere *Brauchwasserleitung* vorhanden, so muss man für diese pro Kopf und Tag 120—130 l rechnen; sehr gewerbreiche Städte consumiren 200—250 l täglich pro Kopf der Bevölkerung. Der Wasserverbrauch einer grösseren Stadt vertheilt sich, wie folgt: 40—50 % für die Hauswirthschaft, 10—30 % für den Bedarf der Industrie, 20—25 % für Besprengen der Strassen und Durchspülen der Canäle, 10—15 % für Springbrunnen und Feuerlöschen. Der Verbrauch an Wasser in Litern ist für eine Person täglich 25, für ein Pferd täglich 75, Reinigen eines vierrädrigen Wagens 70, zu einem Bad 300; für Dampfmaschinen pro Pferdekraft und Stunde für eine Hochdruckmaschine 35, für eine Condensationsmaschine 800; für Besprengen von 10 qm Strassen einmalig 10, für Garten und Anlagen 5000 jährlich. Der Bedarf des Wassers in Fabriken kann stets direct ermittelt werden; man hat bei der Projectirung dann nur eine angemessene Steigerung in Aussicht zu nehmen.

Der Wasserverbrauch schwankt in den einzelnen Monaten eines Jahres ziemlich bedeutend. Derselbe beträgt über oder unter dem mittleren Verbrauch eines Monats in Procenten im Januar — 6,92, im Februar — 6,90, März — 5,3, April + 1,4, Mai + 2,32, Juni + 7,91, Juli + 7,96, August + 5,91, September + 5,29, October — 3,15, November — 2,35, December — 5,38. Von besonderer Wichtigkeit sind die Schwankungen des Wasserverbrauchs in den verschiedenen Tagesstunden; dieselben betragen in Procenten des täglichen Gesammtverbrauchs:

6— 7	Uhr vormittags	3,74	12—1	Uhr nachmittags	5,99	6—7	Uhr abends	3,68
7— 8	„ „	5,21	1—2	„ „	5,95	7—8	„ „	5,01
8— 9	„ „	6,19	2—3	„ „	6,39	8—9	„ „	3,05
9—10	„ „	6,44	3—4	„ „	7,86	9	„ „	14,15
10—11	„ „	7,08	4—5	„ „	5,21	bis 6	„ morgens	
11—12	„ „	7,76	5—6	„ „	6,29			

Während demnach der durchschnittliche Verbrauch pro Stunde $4^1/_6$ % des Tagesverbrauchs betragen sollte, sinkt derselbe in der Nacht häufig auf $1^1/_2$ % herab und hebt sich in den Tagesstunden bis nahezu 8 %. Das während der Zeit dieses Maximalconsums zuzuführende Wasserquantum beträgt also

das $\frac{7,86}{4^1/_6}$ = 1,9 fache oder etwa das Doppelte des mittleren Stundenverbrauchs. Für dieses Quantum ist die Rohrleitung zu berechnen und die Dimensionen des Reservoirs sind so zu bemessen, dass dasselbe eine genügende Wassermenge aufzuspeichern vermag, um den Maximalconsum zu jeder Tageszeit decken zu können.

3. Beschaffenheit des Wassers.

Nach Kubel muss ein **gutes Trinkwasser** folgenden Anforderungen entsprechen: 1) Das Wasser muss klar, farblos und geruchlos sein. 2) Die Temperatur des Wassers darf in den verschiedenen Jahreszeiten nur innerhalb weniger Grade (4—6° C.) schwanken. 3) Das Wasser darf nur wenig Kaliumpermanganat und wenig Silber reduciren und durchaus keine organische Materie (mikroskopische Pilze etc.) enthalten. 4) Das Wasser darf kein Ammoniak, keine salpetrige Säure und nur geringe Mengen von Salpetersäure enthalten. 5) Das Wasser darf nicht grössere Quantitäten von Chloriden und Sulfaten, namentlich von Kaliumsulfat enthalten. 6) Das Wasser darf nicht zu hart sein und namentlich nicht grössere Mengen von Magnesiumsalzen enthalten. 7) Das Wasser muss wohlschmeckend sein, d. h. es muss gelöste, sich beim Erhitzen entwickelnde Gase, besonders Sauerstoff und Kohlensäure, enthalten.

Als Grenzwerthe für die Güte von Wasser gelten: 100 000 Theile Wasser dürfen nicht mehr enthalten als die in der folgenden Tabelle angegebene Anzahl Theile, welche von verschiedenen Autoren angegeben sind:

Name der Autoren	festen Rückstand	Härtegrad	Salpetersäure	Organische Substanz	Chlor	Schwefelsäure
Reichardt . . .	10—50	18	0,4	3—5	0,2—0,8	6,3
Kubel	50	18—20	0,5—1,5	3—4	2—3	8—10
Wibel	50	18—20	0,5—2,0	5,0	3,5	8—10

Ein Wasser ist als Trinkwasser noch nicht absolut zu verwerfen, wenn einer oder zwei der angeführten Werthe überschritten werden. Der Härtegrad des Wassers bestimmt sich nach dem Gehalt an Alkalien, und zwar hat Wasser mit *n* Theilen Kalk auf 100 000 Theile Wasser den Härtegrad *n*. Ist ausser dem Kalk noch eine andere alkalische Erde vorhanden, so hat man jedes besonders analytisch zu bestimmen. Der theoretische Härtegrad wird dann gefunden, indem man die Menge der ausser dem Kalk vorkommenden alkalischen Erde in die äquivalente Menge Kalk umrechnet und zur erstgefundenen Menge Kalk addirt. Ein Wasser, dessen Härte 20° nicht übersteigt, ist noch für alle Gewerbe und Industriezweige brauchbar, auch wenn für diese ein möglichst weiches Wasser gewünscht wird. Weich nennt man das Wasser bis etwa zu 10° Härte. Trinkwasser kann unbedenklich bis 25° haben.

Ein guter Geschmack des Wassers bezeugt nicht immer die Freiheit von schädlichen Beimengungen. Ein Beweis dafür wird durch das Wasser der gewöhnlichen Hausbrunnen geliefert, welches oft unter angenehmem Geschmack und kühler Temperatur die schädlichsten Folgen verbirgt. Anderseits schmeckt das reinste destillirte Wasser nicht gut wegen des Mangels an Sauerstoff und Kohlensäure. Ein Beigeschmack ist immer ein Zeichen der Verunreinigung durch fremde Substanzen.

4. Entnahme des Wassers.

Die **Entnahme des Wassers** geschieht aus Quellen, aus Grundwasser und aus Flüssen. Man wird nur in vereinzelten Fällen in der Lage sein, das erforderliche Wasserquantum Quellen zu entnehmen, da dieselben in der Nähe der Städte selten die erforderliche Ergiebigkeit besitzen. Doch werden oft die hohen Kosten der Zuleitung von einem entfernten Punkte nicht gescheut, um nur die Vorzüge einer Quellwasserversorgung nicht zu entbehren.

Die gewöhnlichen Bezugsorte ebener Gegenden sind die offenen Wasserläufe, deren Wasser durch ausgedehnte Filtrirvorrichtungen von den in ihm immer mehr oder weniger enthaltenen, aufs feinste vertheilten pflanzlichen oder thierischen Substanzen zu reinigen ist, sowie von den Bestandtheilen einer Menge von Abfällen aus Städten und Fabriken, die ihm in seinem oberen Laufe zugewiesen wurden. Die dazu verwendeten sehr kostspieligen Filtrirvorrichtungen setzen das im Sommer sehr warme Flusswasser der Sonne und Luft noch mehr aus, ohne im Winter die oft nahe am Nullpunkt befindliche Temperatur desselben zu erhöhen. Diese die Brauchbarkeit derartiger kostspieligen Anlagen oft in Frage stellenden Uebelstände führten in neuerer Zeit wiederholt zu der sog. natürlichen Filtration, indem man den kies- und sandhaltigen Untergrund in der Weise als Filter benutzt, dass in diesen hinein Sammelcanäle gebaut oder Röhren mit offenen Fugen oder durchlöcherten Wandungen verlegt wurden, in welche das umgebende Wasser eindringt.

Das aus den Sammelröhren ausgepumpte Wasser wird dann entweder aus dem Flusse oder aus wasserführenden Schichten ersetzt. Bei guter, zweckmässiger Anlage, bei genügender Weite und genügend tiefer Lage der Röhren und durchlassender Beschaffenheit des Untergrundes gewährt solch eine natürliche Filtration ausserordentliche Vortheile. Das Wasser besitzt ausser der erforderlichen Klarheit auch eine sehr wenig schwankende Temperatur, besonders wenn die Sammelröhren nicht direct in der Nähe des Flusses liegen und fast nur von dem dem Flusse zuströmenden Grundwasser gespeist werden. Einige Städte entnehmen die nöthige Wassermenge ausschliesslich dem Grundwasser, wenn es in genügenden Mengen zufliesst.

Derartige Anlagen, welche natürlich filtrirtes Flusswasser und Grundwasser dem Boden entnehmen, sind neuerdings mehrfach in Deutschland ausgeführt, z. B. in Essen, Halle a. d. S., Sagan, Cöln, Frankfurt a. d. O. und Dresden, während ausschliesslich Grundwasser von folgenden Städten consumirt wird: Altenburg, Berlin, Danzig, Hannover, Leipzig, Plauen u. a. Die letztere Einrichtung wird, wo nicht allzu bedeutende Wassermengen erforderlich werden, allen anderen Systemen gegenüber die Oberhand behaupten.

B. Sammlung, Reinigung und Aufspeicherung des Wassers.

1. Gewinnung und Sammlung des Wassers.

Die **Anlagen zur Gewinnung und Sammlung** des Wassers sind meist unterirdisch und zerfallen in folgende Arten:

1) **Sickercanäle mit geschlossenem Boden**, 2) **Sammelbrunnen**, 3) **Sammelcanäle mit offenem Boden** (Filtergänge), 4) **Sammelröhren**.

Man wendet hiervon Sammelcanäle und Sammelbrunnen schon seit undenklichen Zeiten an, Filtergänge etwa seit Anfang dieses Jahrhunderts und Sammelröhren erst in der neuesten Zeit.

Sickercanäle und Sammelcanäle mit geschlossenem Boden werden vorzugsweise zur Sammlung von Quellwasser, selten zur Sammlung von Grundwasser verwendet. Die einfachste Anordnung eines Sickercanals ist die, dass man einen einfachen Graben und in ihm einen regelrechten Drainzug herstellt, denselben mit durchlässigen und reinem Material, also mit Kies, Steinschlag u. dgl. überdeckt und die oberen Schichten aus immer feinerem Material herstellt, um das Eindringen von Wasser zu verhüten.

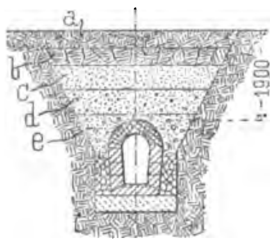
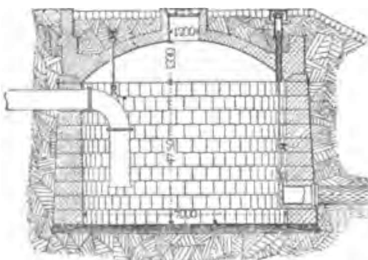


Fig. 723.

Ein Beispiel eines in Mauerwerk ausgeführten Entwässerungscanals ist der in Fig. 723 abgebildete Sammelcanal des Wasserwerks der Stadt Königsberg. Derselbe ist bei einer Höhe von 1 m aus Backsteinen in Cementmörtel auf Beton hergestellt; der Eintritt des Wassers findet durch 20 mm weite Stossfugen statt, welche sich in der 1., 3., 5. und 7. Schicht befinden und im Verband angeordnet sind. Der Canal musste an einzelnen Stellen unter Wasser durchgeleitet werden und bekam die in der Figur mit *a*, *b*, *c*, *d*, *e* bezeichneten Abdeckungen. Es bedeutet *a* aufgefüllte Dammerde, *b* Thon, *c* feinen Sand, *d* groben Sand, *e* Kies.

Durch die Anlage von Canälen wird der Abfluss des unterirdischen Wassers wesentlich erleichtert, und es liefern dieselben auf die Dauer unter gleichen Umständen mehr Wasser als die im Naturzustand befindlichen Quellen.

Sammelbrunnen. Die Ansammlung des Wassers geschieht in denselben dadurch, dass aus dem mit Grundwasser gesättigten Boden, in welchem der Brunnen steht, Wasser in den freien Raum desselben eindringt, sobald der Wasserspiegel im Brunnen auf künstliche Weise gesenkt wird. Die Brunnen sind in der Regel cylindrisch und dünnwandig aus allen Arten Mauerwerk, vorzugsweise aber Backsteinmauerwerk, bei kleineren Anlagen auch aus Cement herzustellen.


Fig. 724.

Die Brunnen werden aussen schwach konisch gemacht, um das Senken des Brunnens beim Bau zu erleichtern; um letzteres zu verbessern, belastet man den Brunnen kräftig mit Eisenbahnschienen u. dgl. Ueber die Ausführung siehe: Senkbrunnen, Abschnitt „Wasserbau."

Fig. 724 zeigt den Hauptbrunnen des Dresdener Wasserwerks im Schnitt. Man erkennt in der Figur die Einführung der hier angewendeten Sammelröhren, sowie das Saugrohr der Pumpen. Der Abschluss des Brunnens nach oben wird durch ein Gewölbe mit einem Einsteigschacht in der Mitte gebildet. Bei Brunnen in feinem Sande und verwandtem Material treten ausser bedeutenden Ausführungsschwierigkeiten auch hinsichtlich des Betriebes Schwierigkeiten auf, indem leicht eine

Versandung des Brunnens beim Betriebe stattfindet. Um die Versandung abzuschwächen, wird dann die Sohle des Brunnens mit in der Feinheit von unten nach oben zunehmenden Materialien ausgeschüttet, nämlich mit feinem Sand, gröberem Sand, sodann feinem Kies mit Steinen.

Dadurch wird aber die Ergiebigkeit sehr geschmälert, sodass man zur Steigerung derselben geeignete Mittel anwenden muss. Die Mittel zur Steigerung der Ergiebigkeit sind: 1) man stellt die Wandungen des Brunnens durchlässig her; 2) man vergrössert den Durchmesser des Brunnens; 3) man vertieft den Brunnen bis zu wasserreicheren Schichten. Letzteres geschieht auf verschiedene Weise durch Versenken eiserner Cylinder, durch Herstellung von Bohrlöchern und durch Anwendung sog. Rammbrunnen.

Sammelcanäle mit offenem Boden (Filtergänge). Dieselben sind immer anzuwenden, wenn in den in der Nähe der Flüsse häufig vorkommenden Kieslagern brauchbares Wasser in mässiger Tiefe vorhanden ist. In den Filtergängen soll kein eigentliches Filtriren des Flusswassers, sondern nur ein Aufsammeln des Grundwassers bewirkt werden. Diese in neuerer Zeit vielfach ausgeführten Sammelcanäle besitzen meistens die Einrichtung, wie sie in Fig. 725 dargestellt ist und für das Wasserwerk zu Toulouse ausgeführt wurde. Sie befinden sich in einer Sandschicht, welche von Ackererde überlagert und von Tuffstein unterlagert ist.

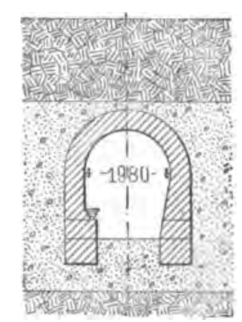


Fig. 725.

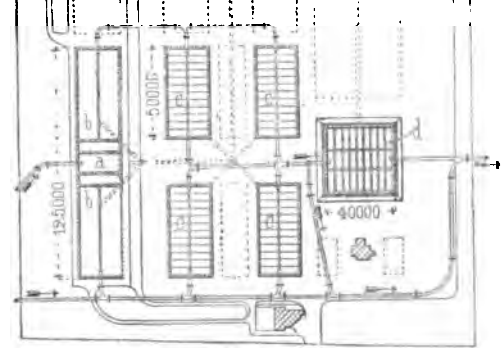
Sammelröhren. Dieselben Ansprüche, welche man an die Filtergänge stellt, nämlich die eines ergiebigen Wassersammlers, werden auf billigere Weise durch die Sammelröhren erfüllt. Diese in neuerer Zeit bei verschiedenen Anlagen zur Anwendung gekommenen Röhren bestanden zuerst in Thonröhren oder waren aus besonders geformten Ziegeln oder Betonstücken zusammengesetzt. Neuerdings wendet man nur noch asphaltirte gusseiserne Sammelröhren an mit ca. 1 cm weiten und 10 cm langen Schlitzen, wie sie in Fig. 724 (Hauptbrunnen des Dresdener Wasserwerks) angewendet sind. Die Röhren werden mit einem 0,4 m starken Mantel von feinem Kies umgeben.

2. Reinigung des Wassers.

Das Wasser, welches Sammelcanälen, Sammelbrunnen u. dgl. entnommen wird, hat in der Regel den zum Gebrauch erforderlichen Grad der Reinheit. Anders ist es bei Wasser, welches Flüssen oder Teichen entommen ist. Dieses muss, ehe es den Wohnungen oder anderen Verbrauchsstätten zugeführt wird, soweit gereinigt werden, wie es mit Hilfe der dazu vorhandenen einfachen Anlagen irgend möglich ist. Die Reinigung findet statt durch **Ablagerung**, durch **Sieben** oder durch **Filtration**.

Die Reinigung des Wassers ausschliesslich durch Ablagerung findet nur in vereinzelten Fällen statt, in der Regel hat man die Reinigung mit Ablagerungsbassins und Filtern combinirt. Das Wasser wird zunächst in ein Ablagerungsbassin geleitet, von welchem gewöhnlich mehrere vorhanden sind, geht von dort durch die in den Ablagerungsbassins befindlichen Grobfilter und dann durch die in genügender Anzahl vorhandenen Filterbassins zu dem ebenfalls im Erdboden befindlichen Reinwasserreservoir, welches meistens überwölbt ist.

Gewöhnlich bestehen die Filterbassins aus nach oben freien Reservoirs von einigen Metern Tiefe. Das Filterbett besteht aus einer ca. 0,5 — 1 m dicken Schicht von feinem Sand, an welche sich nach unten immer gröber werdende Schichten anschliessen, um an der Sohle des Bassins in ein ordentliches System von kleinen Sammelcanälen überzugehen. Die Schichten, welche das Filterbett unterstützen, bestehen beim Altonaer Wasserwerk aus 3 je 7 cm mächtigen Schichten von Kies in Erbsengrösse, Bohnengrösse und Haselnussgrösse, eine Schicht von Kies in Walnussgrösse 14 cm mächtig, Kies in Faustgrösse 21 cm mächtig und einer 29 cm mächtigen Schicht von grossen Steinen, in welchen die kleinen Sammelcanäle gebildet sind. Die über dem Filterbett vorhandene Wasserhöhe schwankt bei den verschiedenen Anlagen zwischen 0,6—2 m.


Fig. 726.

Die Grösse der Filter bestimmt sich nach der anzunehmenden Filtrationsgeschwindigkeit. Dieselbe schwankt zwischen 1,7 bis 15 m pro Tag je nach den vorliegenden Verhältnissen; für das Themsewasser beträgt sie 3,5 m, für das Wasser der Elbe bei Hamburg ca. 1,7—1,8 m. Ausser den dadurch bestimmten Bassins (man theilt die Filterfläche der geringeren Kosten wegen stets in mehrere Bassins) hat man in Rücksicht auf die vorzunehmenden Abräumungen mindestens noch ein Bassin als Reserve anzunehmen.

Fig. 726 stellt den Grundriss der Filtriranlage des Altonaer Wasserwerks dar. Das Wasser

strömt aus der Elbe direct in die Ablagerungsbassins, zunächst in den Vorraum *a* und von dort durch die Grobfilter in die eigentlichen Ablagerungsbassins *b*. Dann fliesst es von dem Ablagerungsbassin in die Filter *c* und dann in das Reinwasserreservoir *d*, von wo es durch die Pumpen gehoben wird. Die Röhren sind, wie aus der Figur leicht ersichtlich, so angeordnet, dass die Pumpen sowohl direct Wasser aus dem Flusse als aus den Ablagerungsbassins und aus den Filtern pumpen können, im Falle die Filtrirvorrichtungen oder das Reservoir aus irgend einem Grunde ausser Betrieb gesetzt werden müssen.

3. Aufspeicherung des Wassers.

Die **Aufspeicherung des Wassers** geschieht in Reservoirs, welche in gegrabene, gemauerte und eiserne unterschieden werden. Die gegrabenen Reservoirs sind in der Regel offene, die eisernen Reservoirs pflegen sich unter Dach zu befinden und die gemauerten sind entweder überwölbt oder offen (Bassins).

Hausreservoirs dienen entweder zur Auffangung des Regenwassers als Regenwasser-Cisternen und haben dann etwa 3—4 cbm Inhalt, oder für industrielle Etablissements bei einem Inhalt, welcher sich stets nach dem speciellen Wasserverbrauch der Fabriken richtet.

Die **Hauptreservoirs**, bei Entnahme des Wassers aus einem Flusse auch Reinwasserreservoirs genannt, sind meistens Hochreservoirs. Sie werden in der Regel aus Mauerwerk, selten aus Eisen hergestellt. Der Inhalt derselben bestimmt sich leicht nach den oben angegebenen Schwankungen im Wasserverbrauch. Man nimmt den Inhalt ungefähr zu 25—32 % des durchschnittlichen Tagesverbrauchs an und schlägt dann noch ein gewisses Quantum für Feuerlöschzwecke dazu.

Erfolgt die Speisung des Reservoirs mit Hilfe von Maschinen, so muss zunächst festgestellt sein, wie die Pumpen angeordnet sein sollen und ob etwa der Betrieb derselben nur am Tage sattfinden wird, bevor man die Grösse des Reservoirs bestimmen kann. Bei nachstehend angeführten Anlagen sind die Verhältnisse folgendermassen:

Dresden. Die Pumpwerke sind nur am Tage im Betriebe. Inhalt des Hauptreservoirs ca. 2000 cbm d. i. $^2/_3$ des dem Projecte zu grunde gelegten Tagesconsums.

Iserlohn. (Quellwasserversorgung.) Inhalt des Hauptreservoirs 980 cbm d. i. $^1/_3$ des Tagesconsums von 1854 cbm, vermehrt um 350 cbm für Feuerlöschzwecke.

Frankfurt a. d. O. 2 Bezirke von verschiedener Höhenlage werden durch Pumpwerke (tägliche Arbeitszeit 16 Stunden) versorgt. Verbrauch des unteren Bezirks 6000 cbm, Inhalt des Reservoirs 1200 cbm; Verbrauch des oberen Bezirks 2000 cbm, Inhalt des Reservoirs 400 cbm. Es ist das Reservoir mit 1200 cbm Inhalt ein gemauertes, überwölbtes Hochreservoir, während das kleinere Reservoir neben dem ersteren auf einem Unterbau ruht und aus Eisen gefertigt ist.

Die gemauerten Reservoirs sind meistens parallelepipedisch und von ziemlich geringer Höhe. Man macht sie im Grundriss sowohl quadratisch als rechteckig, und schwankt die Wassertiefe in den Reservoirs zwischen $^1/_5$—$^1/_{10}$ der Seitenlänge bei quadratischem Grundriss und bei rechteckigem Grundriss zwischen $^1/_5$—$^1/_8$ der kleinen Seite und $^1/_8$—$^1/_{20}$ der grossen Seite des Rechtecks.

Sie müssen mit besonderer Sorgfalt aus sehr gutem Material hergestellt werden. Die Stärke der Umfassungsmauern kann man infolge dessen ziemlich gering wählen wegen der vorhandenen grösseren Festigkeit des Mauerwerks. Die mittlere Stärke der nach oben schwächer werdenden Mauern beträgt bei oben offenen Reservoirs je nach der Beschaffenheit des Bodens 0,28—0,18 der Höhe. Ueberwölbte Reservoirs kann man wegen der durch die Bogen bewirkten Aussteifungen noch schwächer ausführen. Die Mauern freistehender Reservoirs sind nach dem Wasserdrucke, welchen sie zu erleiden haben, zu berechnen; als zulässige Belastung kann man 6—10 kg pro qcm annehmen.

Der Boden wird aus einer 0,3—0,5 m starken Betonschicht gebildet und mit plattgelegten Ziegelsteinen abgedeckt.

Eiserne, auf einem Unterbau ruhende Reservoirs werden entweder mit kreisförmigem oder rechteckigem Querschnitt hergestellt. Das Verhältniss der nutzbaren Tiefe zum Durchmesser schwankt bei denselben von 1 : 1 bis 1 : 5 und das Verhältniss der nutzbaren Tiefe zur Höhe des Unterbaues schwankt von 1 : 5 bis 1 : 2,2. Dabei ist die Höhe des Unterbaues von der Unterkante des Reservoirs bis zur Fundamentsohle gemessen. Die eisernen Reservoirs wurden früher meist aus Gusseisen construirt, während man jetzt mehr und mehr Schmiedeeisen verwendet. Zweckmässig stellt man nur kleinere Behälter mit rechteckigem Querschnitt, z. B. für Wasserstationen, aus Gusseisen bei einer Stärke von 10—12 mm her. Nur ausnahmsweise wird Gusseisen für grössere derartige Ausführungen verwendet.

Rechteckige schmiedeeiserne Reservoirs bekommen bei einer Wassertiefe von 2—2,5 m eine Wandstärke von 5—6 mm und eine Bodenstärke von 7—8 mm; sie werden durch Winkeleisen von 60—80 mm Schenkellänge abgesteift, an welche sich 20—25 mm starke Spannstangen anschliessen. Cylindrische Reservoirs werden nach bekannten Regeln berechnet, wonach die unteren Bleche etwas stärker ausfallen als die oberen. Sie werden am oberen Rande durch ein Winkeleisen abgesteift. Die Böden werden als Kugel-

abschnitte von 6—7 mm Stärke oder eben in etwas grösserer Dicke ausgeführt. In der Mitte grösserer Reservoirs ist ein Raum für die Treppe vorbehalten.

Einige Beispiele ausgeführter eiserner Reservoirs sind folgende: Das Reservoir in Frankfurt a. d. O. hat bei 400 cbm Inhalt oben 8, unten 12 mm Wandstärke; ebenso stark (12 mm) ist der Treppencylinder und der Boden. Das Reservoir in Halle a. d. S. hat bei 460 cbm Inhalt 10,3 m Durchmesser und 4,7 m Höhe Wandstärken von 6,5—8,2 mm. Um den Cylinder sind 2 Schraubenbänder von 20 × 100 mm Querschnitt vorhanden. Die Stärke des Treppencylinders ist 13 mm, die des Bodens 10 mm.

Die eisernen Reservoirs sind von Zeit zu Zeit mit einem frischen Anstrich zu versehen; auch sind sie luftig und trocken aufzustellen und vor schwefligen und anderen Dämpfen zu schützen. Der Unterbau kann aus Mauerwerk oder Eisen hergestellt werden.

Die Reservoirs sind mit geeigneten Vorrichtungen (Schwimmern etc.) zu versehen, um von aussen den Wasserstand erkennen zu lassen.

Ein **Hochreservoir für eine Quellwasserleitung** zur Versorgung einer kleinen Stadt oder eines grösseren Fabriketablissements ist in Fig. 727 und 728 im Horizontal- und Verticalschnitt dargestellt. Das Reservoir befindet sich an einem Abhange in unmittelbarer Nähe der Quellen über dem mit Wasser zu versorgenden Orte. Aus der Quellenfassung *a* fliesst das Wasser direct durch den Canal *b* in das Reservoir *c*; die Ableitung geschieht von dort zu dem Consumtionsorte durch eine gusseiserne Röhrenleitung. Das Reservoir ist aus Backsteinmauerwerk hergestellt und der besseren Abdichtung wegen mit einer ca. 30 cm starken gestampften Thonschicht umgeben; der Boden ist durch eine Betonlage gebildet und mit flachliegenden Backsteinen bedeckt. Das Reservoir ist mit Tonnengewölben von ½ Stein Stärke überwölbt und ausserdem noch mit Beton bedeckt. In dem Gewölbe ist ein Einsteigeschacht *d* vorhanden, durch welchen man in das Reservoir gelangen kann; *e* ist ein Ueberlaufrohr, welches man nöthig hat, da man den Zufluss der Quellen nicht reguliren kann. Das ganze Bauwerk ist mit Erde bedeckt, um das Wasser vor Temperaturwechseln möglichst zu schützen.

Fig. 727—728.

In Fig. 729 ist ein **eisernes Hochreservoir von ca. 100 cbm Inhalt** dargestellt, wie es für grössere Fabriken und für Eisenbahnen vielfach Anwendung findet. Das aus Eisen verfertigte Bassin steht auf einem gemauerten Unterbau und bildet unter sich einen Raum *A*, welcher zur Aufnahme einer doppeltwirkenden Dampfpumpe dient. Das Bassin kann nur von aussen mittelst Leitern *B* zum Zwecke der Reinigung etc. bestiegen werden. Durch einen Schwimmer *C* wird der Wasserstand auf einer aussen befindlichen Scala *D* angezeigt. Die in der Figur sichtbaren Rohrleitungen dienen theils zur Zuleitung des Wassers, theils zur Ableitung, theils als Ueberlaufrohr.

Ein Hochreservoir für eine grössere Wasserversorgungsanlage ist in Fig. 730 u. 731 dargestellt (das Hochreservoir für das **Wasserwerk der Stadt Halle a. d. S**). Dasselbe ist wegen der verschiedenen Höhenlage des Versorgungsgebietes in ein kleineres eisernes, auf einem gemauerten Unterbau ruhendes und ein grösseres, direct auf dem Erdboden ausgeführtes Reservoir getheilt. Der Höhenunterschied der beiden Stadttheile beträgt 18,83 m; da nun der untere Theil der Stadt ¾ des ganzen Stadtgebiets ausmacht, so hätte man bei Annahme nur eines Bassins ¾ des zu fördernden Wassers um 18,83 m höher heben müssen, als nöthig ist, wodurch ein unnützer Kostenaufwand an Brennmaterial u. dgl. stattgefunden hätte. Der Inhalt des unteren Reservoirs ist 3092 cbm, der des oberen 460 cbm. Diese letztere geringe Wassermenge ist deshalb so klein gewählt,

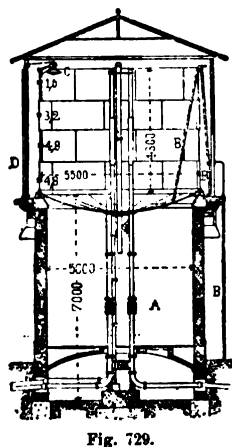


Fig. 729.



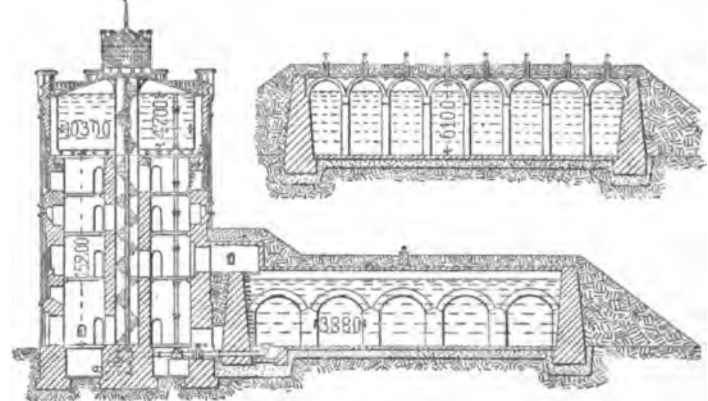


Fig. 730—731.

damit das Wasser, um seine Temperatur nicht zu sehr zu erhöhen, dort nicht längere Zeit steht. Das untere Reservoir ist aus Mauerwerk ausgeführt, mit Tonnengewölben und Gurtbogen nach oben abgeschlossen, und der Boden ist aus Beton mit flachen Ziegelsteinlagen hergestellt. Das ganze untere Reservoir, dessen Sohle mit dem Terrain in einer Ebene liegt, ist mit Erde überdeckt. Das obere Reservoir, in einem imposanten Thurme befindlich, ist aus Eisen construirt (siehe Seite 125). Eine Wendeltreppe führt zu dem Reservoir hinauf. Jedes Bassin kann unabhängig von dem anderen gefüllt oder entleert werden.

Die Reservoirs befinden sich 942 m vor der Stadt und 4582 m von der Pumpenanlage entfernt, 38,28 m über dem niedrigsten Stand des Elsterwasserspiegels.

C. Leitung und Vertheilung des Wassers.

Liegt die **Bezugsquelle des Wassers** genügend hoch über der Verbrauchsstelle, so kann das Wasser mit Gefälle zur Stadt geleitet werden; dieses kann in Gräben, bedeckten und offenen, und in Rohrleitungen geschehen. Muss das Wasser erst durch Pumpwerke gehoben werden, so kann man nur Rohre verwenden. Der Theil der Leitung von dem Pumpwerk zum Reservoir wird Steig- oder Druckleitung genannt. Wird das Wasser mit natürlichem Gefälle zur Stadt geleitet, so darf dasselbe die Grenzen 1 : 250 bis 1 : 10000 nicht überschreiten.

Wird das Wasser mittelst einer **Rohrleitung** nach dem Reservoir gehoben, so schliesst man sich den Gefälleverhältnissen des Bodens möglichst an; nur vermeidet man dabei möglichst Krümmungen im verticalen und horizontalen Sinne, um Gefälleverluste zu vermeiden. Die Rohrleitungen sind an den höchsten Punkten mit einem Lufthahn, an den tiefsten Punkten mit einem Ablasshahn zu versehen.

Die **Abgabe des Wassers an die Consumenten** erfolgt nach drei verschiedenen Methoden: 1) Die Wasserentnahme kann zu jeder Zeit und wie es der Bedarf gerade mit sich bringt, stattfinden (System der unbeschränkten Entnahme). 2) Das Wasser fliesst an der Verbrauchsstelle durch eine Mündung von bestimmtem Querschnitt ununterbrochen aus (Continuirliches System). 3) Die Versorgung geschieht täglich nur zu gewissen Stunden und in abgemessenen Quantitäten (Intermittirendes System).

Das System der unbeschränkten Entnahme ist das allein empfehlenswerthe, das intermittirende System ist auf jeden Fall zu verwerfen, in bestimmten Fällen zur Anwendung zulässig ist das continuirliche System. Bei Wasserentnahmen für gewerbliche und öffentliche Zwecke ist das System der unbeschränkten Entnahme fast ausnahmslos in Gebrauch.

Der Modus, nach welchem die Consumenten ihren Wasserbedarf dem Wasserwerke zu bezahlen haben, ist ein sehr verschiedenartiger. Der Tarif ist in einigen Städten Deutschlands nach der Anzahl der Wohnräume oder nach Zimmern, Küchen, Geschäftsräumen etc., in anderen nach der Etagenfläche, nach dem Miethwerthe, nach der Gebäudesteuer, nach Familien resp. einzelstehenden Personen, nach Grundstücken und endlich nach Wassermessern festgesetzt. Wo die Wassermesser nicht eingeführt sind, bestehen ausser obigen noch besondere Tarife für Badeeinrichtungen, Closets etc., für Gärten und Höfe, für Strassenbesprengen, für Springbrunnen, für Feuerhähne etc., sowie für gewerbliche Anlagen.

1. Anordnung und Berechnung des Röhrennetzes.

Das Hauptrohr wird von dem Pumpwerk oder Hochreservoir in der Richtung des Schwerpunktes des Wasserverbrauchs bis zur Peripherie des Versorgungsgebiets geführt und von dort entweder, von dem Mittelpunkt des Versorgungsgebiets auslaufend, nach allen Richtungen bezw. nach den einzelnen Punkten des Wasserverbrauchs verzweigt, oder man legt den Centralpunkt des Röhrensystems an die Peripherie des Wasserversorgungsgebiets (**Radialsystem**). Das Hauptrohr wird beim **Verästelungssystem** mit entsprechender Weite diametral durch das Versorgungsgebiet geführt und nach beiden Seiten breiten sich die Nebenröhren und deren Verzweigungen aus. Beide Systeme, sowohl das Radialsystem wie das Verästelungssystem werden aber nur selten verwendet, ersteres wegen der meistens rechtwinkelig sich schneidenden Strassen, auf welche man beim Legen der Röhren allein angewiesen ist, letzteres wegen der vielen Unbequemlichkeiten, welche entstehen, falls etwas an der Rohrleitung passirt. Alle diese Mängel haben dahin geführt, die Röhren nach dem in Fig. 732 dargestellten **Circulationssystem** anzuordnen. Sämmtliche Zweigleitungen sind dabei untereinander verbunden und kann die Leitung einer jeden Strasse durch Schieber abgesperrt werden.

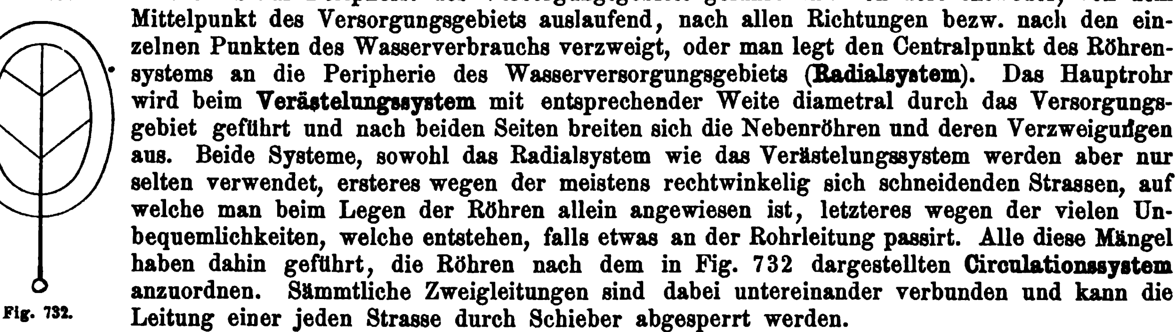


Fig. 732.

Der **Durchmesser der Röhren** bestimmt sich nach der Formel: $d = \sqrt{\frac{8}{\pi^2 . g} \cdot \xi \cdot Q^2 \cdot \frac{l}{h}}$, worin ξ der Widerstandscoefficient ist (nach Dupuit ist $\xi = 0{,}03025$) und Q, h und l die Bedeutung der Wassermenge, der Druckhöhe und der Länge der Leitung haben. Geht man mit der Rechnung vom Reservoir

aus, so ist für eine bestimmte Strecke, eine bestimmte Wassermenge und bestimmte Geschwindigkeit: $d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q}{v}}$. Man lässt den Werth von v mit Q abnehmen, da sonst bei längeren Leitungen die Widerstände zu gross werden, denn es beträgt die Widerstandshöhe: $\mathfrak{h} = \xi \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{e}{d}$. Ueber die Berechnung der Widerstandshöhe und der Druckhöhenverluste siehe Abschnitt „Hydraulik".

Man geht nicht unter einen gewissen Röhrendurchmesser, welcher zwischen 0,06—0,1 m liegt, im Mittel 0,08 m, um die Speisung der Hydranten noch sicher bewirken zu können. Die Wassergeschwindigkeit v in den Röhren liegt zwischen den practischen Grenzen 0,5—1,4 m und ist im Mittel gleich 1 m. Die Röhren werden ausschliesslich aus Gusseisen hergestellt. Ihre Wandstärke beträgt unter Annahme eines genügenden Sicherheitscoefficienten $\delta = 0{,}7$ cm $+ 0{,}0125 \cdot d$.

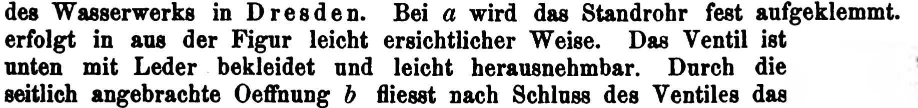


Fig. 733—734.

Bei den Wasserleitungsröhren findet meistens die Muffenverbindung mit Tauwerk und Blei Anwendung, bei stark fallenden Leitungen auch die Flanschenverbindung. Die Röhren sind vor dem Verlegen innen und aussen mit einem gegen Oxydation schützenden Ueberzuge zu versehen. Gewöhnlich taucht man die dazu etwas erwärmten (150—180° C.) Rohre in eine kochende Asphaltmasse, in welcher sie 10—20 Minuten liegen bleiben, lässt sie dann in verticaler Lage abtropfen, sodass nur noch eine dünne Schicht übrig bleibt, und dann trocknen. Grosse Rohre werden angestrichen. Die Rohre werden in einer Tiefe von 1,5—2,0 m (bis zum Scheitel des Rohres gemessen) in das Erdreich eingebettet.

Alle **Absperrvorrichtungen** dürfen nur einen langsam vor sich gehenden Schluss zulassen, weshalb man sie meistens mit Schraubenbewegung versehen hat. Fig. 733—734 stellen eine sehr gebräuchliche Absperrvorrichtung, einen sog. **Schieberhahn** dar, wie er beim Wasserwerk in Zürich verwendet ist. Das Hahngehäuse bildet ein Ganzes mit aufgeschraubtem Deckel, sodass das gespannte Wasser auf keine Dichtung des Schiebers wirkt. Die Dichtung wird durch Metallringe bewirkt; letztere sind am Gehäuse mittelst Bleiunterlagen befestigt.

Zum Zwecke der Wasserentnahme bei Feuersgefahr, zum Spülen der Gossen, Leitungen, Sprengen der Strassen und für manche andere Zwecke werden in Entfernungen von 50—80—100 m an den Leitungen **Hydranten** angebracht, unter dem Niveau der Strasse und zwar an solchen Stellen, wo sie ohne Störung des Verkehrs gehandhabt werden können. An den Häusern sind sichtbare Marken anzubringen, um sie schnell auffinden zu können. Fig. 735—739 zeigen einen einarmigen Hydranten des Wasserwerks in Dresden. Bei a wird das Standrohr fest aufgeklemmt. Die Oeffnung des Ventils erfolgt in aus der Figur leicht ersichtlicher Weise. Das Ventil ist unten mit Leder bekleidet und leicht herausnehmbar. Durch die seitlich angebrachte Oeffnung b fliesst nach Schluss des Ventiles das im Hydrantengehäuse angesammelte Wasser ab, wenn der Verschluss bei c geöffnet ist. Auf diese Weise ist die Gefahr des Zerfrierens durch Wasser gänzlich vermieden.



Zum Ablassen der in den Leitungen sich ansammelnden Luft werden an einzelnen Punkten selbstwirkende Ventile angebracht.

In Städten, wo die Hausleitungen nicht allgemein durchgeführt werden, ist es nothwendig, auf den Strassen öffentliche Brunnen anzubringen; dieselben sind gewöhnlich in der Weise ausgeführt, wie es Fig. 740 u. 741 angeben. Construction und Anordnung sind aus den Figuren genügend zu ersehen. Die Handhabung des Mechanismus zum Bewegen des Ventils besteht darin, dass man den Knopf d nach oben bewegt (bei grösserer Höhe des Knopfes über dem Boden wird das Ventil meist durch Abwärtsbewegen des Knofes d gehoben). Es wird dann mittelst einer Zugstange ein Hebel fg gehoben und mit ihm das Ventil b, sodass das Wasser durch die

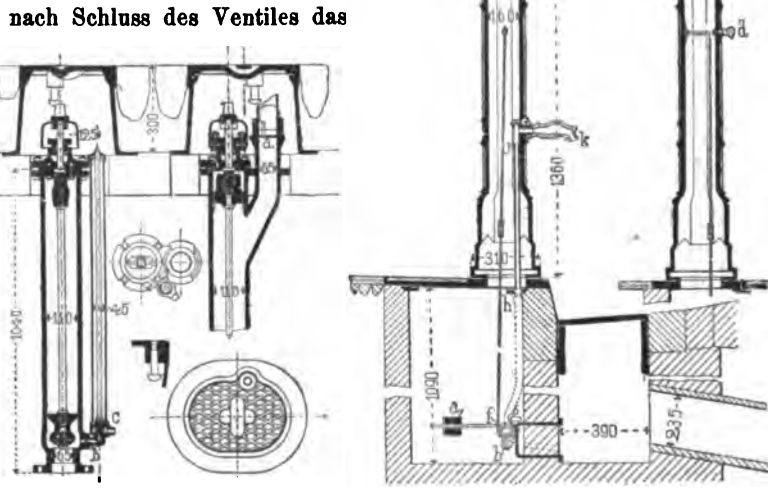


Fig. 735—739. Fig. 740—741.

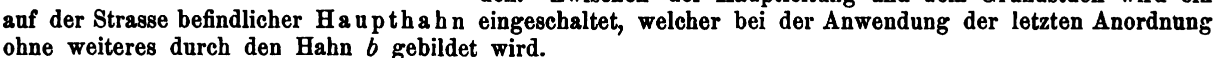
Rohre *h* und *i* bei *k* zum Ausströmen gelangen kann. Sobald der Knopf *d* losgelassen wird, tritt das an der Verlängerung des Hebels *fg* befindliche Gewicht *a* in Function und das Ventil wird wieder geschlossen.

2. Privatleitungen.

Die **Privatleitungen** werden nur bei grösserem Bedarf aus Gusseisen hergestellt; gewöhnlich werden Bleirohre verwendet (zuweilen auch Zinnrohre mit Bleimantel). Der Anschluss an die Hauptleitungen geschieht mittelst daran befindlicher Stutzen, oder es wird die Rohrleitung dazu angebohrt. Dabei kommt es darauf an, die Rohrleitung so anzubohren, dass kein Wasserverlust stattfindet; dies geschieht mit der sog. **Bohrschelle.** Einen derartigen Apparat zeigt Fig. 742. Man dichtet zunächst die Bohrschelle auf der zu bohrenden Stelle mit 2 Scheiben (Blei und Gummi) fest. Dann prüft man die anzuschliessende Zweigleitung auf ihre Dichtigkeit, indem man eine Pumpe an die für die Bohrvorrichtung vorgeschriebenen Flansche schraubt. Die Bohrvorrichtung ruht auf einer Flansche, in welcher die Säulen zur Aufnahme der oberen Traverse befestigt sind. Der Bohrer wird durch eine Schraube niedergepresst, ist mit einer Stopfbüchse gedichtet und wird mit einer Knarre bewegt. Beim Zurückziehen des Bohrers entfernt man zunächst die Luft durch den kleinen Hahn; das alsdann nachdringende Wasser hebt die mit Gummi überzogene leichte Holzkugel und dichtet die Oeffnung für den Bohrer ab, die man dann solider durch eine Platte verschliesst.

Fig. 742. Fig. 743—744.

Fig. 743 und 744 stellen einen Apparat dar, welcher dem gleichen Zweck dient. Derselbe wird auf folgende Weise gehandhabt: Das Schellenstück $A A_1$ wird auf die anzubohrende Röhre geschraubt, nachdem ein Kautschukring *a* zur Dichtung unter *A* angebracht ist. Dann wird der Bohrapparat *B*, aus einer Bohrstange *D*, Stopfbüchse *C* etc. bestehend, mit einem Lederring *c c* gedichtet, an *A* befestigt. Der Bohrer wird mit einer Schraube *H* angespannt. Ist die Wandung durchbohrt, so wird der Bohrer zurückgezogen, der Hahn *b* geschlossen, das Bohrgatter abgeschraubt und die Leitungsröhre kann angelöthet werden. Zwischen der Hauptleitung und dem Grundstück wird ein



auf der Strasse befindlicher Haupthahn eingeschaltet, welcher bei der Anwendung der letzten Anordnung ohne weiteres durch den Hahn *b* gebildet wird.

Bei den Wasserleitungen mit hohem Druck (von 3—6 Atm.) nimmt man die Stärke der Rohre folgendermassen an:

Lichter Durchmesser	13 mm	15 mm	20 mm	25 mm	30 mm
Bleirohre: Gewicht pro laufenden Meter	3 kg	3,5 kg	4,5 kg	5,0 kg	7,0 kg
Zinnrohre mit Bleimantel: Gewicht pro laufenden Meter	1,25 „	1,5 „	2,25 „	2,75 „	3,25 „

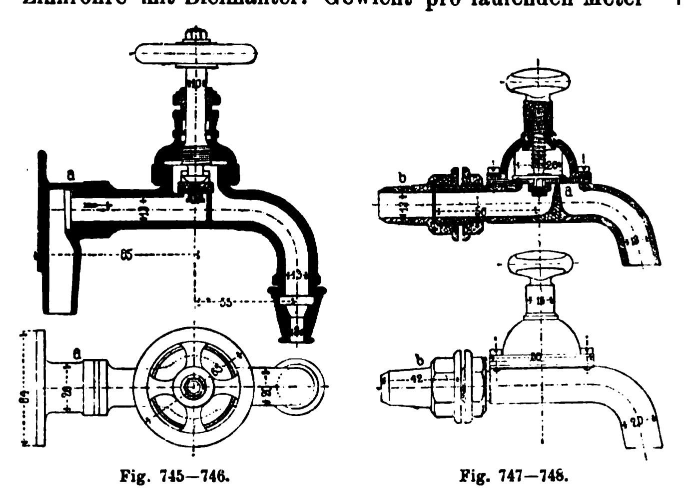


Fig. 745—746. Fig. 747—748.

Die aufsteigenden Rohre werden in den Gebäuden in Entfernungen von 1,5—1,7 m mittelst Rohrhaken befestigt und horizontale Leitungen in Entfernungen von nur 0,6 m. Die Bleirohre müssen möglichst gerade gerichtet werden, um Luftsäcke zu vermeiden. Die Verbindungen der Bleiröhren werden durch Löthen hergestellt; bei öfters zu lösenden Stellen wendet man Flanschenverbindung oder Verschraubungen an.

Zur Entnahme des Wassers in den Gebäuden werden **Niederschraubhähne** angewendet. Fig. 745 und 746 stellen einen allgemein angewendeten Niederschraubhahn dar; er besteht im wesentlichen aus dem mit einem Pfeil bezeichneten Zuführungsrohr, welches durch eine Lederplatte so lange verschlossen ist, bis durch Umdrehen des Handrädchens die Lederscheibe innerhalb der sie umgebenden Kappe gehoben wird; das Wasser kann dann in die nebenanliegende Abtheilung des Hahnes und von dort weiter fliessen. Der Hahn wird mit Hilfe der Wandscheibe *a* an der Wand befestigt und mit dem Bleirohr verbunden. Bei dem in Fig. 747—748 gezeichneten Niederschraubhahn dient zur Abdichtung eine Gummiplatte *a*; der Hahn wird in dieser Ausführung an die Leitung durch ein Zwischenstück *b* angeschlossen.

An den Leitungen in Gebäuden und auf Höhen müssen **Entleerungshähne** angebracht sein, um die Leitungen durch vollständiges Entleeren vor dem Zerfrieren zu schützen. Die in den Gebäuden im Keller stets vorhandenen **Haupthähne** sind oft gleichzeitig als Entleerungshähne construirt, doch ist dann darauf zu sehen, dass sie an der tiefsten Stelle der Leitung im Gebäude montirt sind.

Unter den Hähnen sind **Abflussleitungen** oder **Ausgussbecken** anzubringen und sind dieselben mit geruchlosen Verschlüssen zu versehen. In Fig. 749 ist ein derartiges Ausgussbecken aus emaillirtem Gusseisen gezeichnet. Der geruchlose Verschluss wird durch eine Glocke gebildet, welche in einer Vertiefung am untersten Theile der Schale über das aufstehende Rohrstück gestülpt ist und welche, an dem oberhalb befindlichen Siebe befestigt, nicht ganz auf den Boden der Vertiefung reicht und so das Wasser in das Abfallrohr fliessen lässt, ohne dass aufsteigende Dünste unter derselben hervordringen können. Der einfachste derartige Verschluss wird erreicht, wenn das Rohr syphonartig gebogen wird.

In den Abflussröhren sind scharfe Krümmungen stets zu vermeiden. Für einen Zapfhahn in der Küche genügt eine Zuleitung von 15 mm Weite; derselbe ist ca. 1,2 m über dem Fussboden anzuordnen und unter diesem 350—400 mm tiefer ein Ausgussbecken (s. Fig. 749) mit 50 mm weitem Abflussrohre. Sind mehrere Ausgussbecken mit einem gemeinschaftlichen Hauptabflussrohre verbunden, so ist letzteres mindesten 100 mm weit zu wählen. Ein Abflussrohr (Bleirohr) von 50 mm lichtem Durchmesser wiegt pro laufenden Meter 3,5 kg.

Man fertigt die Ausgussbecken von Thon, Porzellan, emaillirtem Gusseisen und in feinerer Ausstattung von gegossenem Zink an. Für gewöhnliche Ausgüsse sind die aus emaillirtem Gusseisen hergestellten empfehlenswerth. **Waschtoiletten** sind stets aus Porzellan (mit 15 mm weiter Zuleitung und 50 mm weiter Abflussleitung).

Fig. 749.

Die Weite der Zuleitung für **Badezimmer** beträgt bei hohem Druck ca. 20 mm. Die Badewannen sind im Mittel 1,5—1,7 m lang bei einer unteren Breite von 0,4 m und oberen Breite von 0,6 m und einem Abflussrohr von 50 mm Weite.

Closeteinrichtungen. Das Wasser zum Spülen ist in mindestens 20 mm weiten Leitungen zuzuführen. Das Abgangsrohr für ein Closet soll nicht unter 100 mm lichten Durchmesser haben und der Querschnitt der Hauptröhren muss den zugeführten Röhren entsprechend gross sein. Fig. 750 und 751 stellen eine der gebräuchlichsten Constructionen im Schnitt und Grundriss dar. Die Abflussröhren schliessen sich nicht direct an die trichterförmige Closetschale an, sondern es ist, um ein Aufsteigen der übelriechenden Gase aus den Abfallröhren zu vermeiden, ein S-förmig gebogenes Rohrstück eingeschaltet, welches, stets mit Wasser gefüllt, einen Abschluss zwischen Rohr und Closet bildet, sodass bei einer guten Anlage kein übler Geruch in den Retiraden entstehen kann. Dieses Zwischenstück, mit einer Reinigungsöffnung *a* versehen, wird immer verstopfen, wenn bei Benutzung des Closets vernachlässigt wird, den Hebel *b* zu ziehen, um damit das Wasserausströmungsventil zu öffnen und die durch das Wasser zerkleinerten Excremente leicht durch die Biegung des Rohres zu führen. Das Zulassen des Wassers soll nicht nach erfolgter Entleerung des die Closet-Anlage Benutzenden, sondern während derselben geschehen.

Bei Leitungen mit hohem Druck ist es zur Vermeidung von Stössen in denselben zu empfehlen, in einer Höhe von 2—5 m über dem Closet ein kleines Reservoir anzulegen, welches mit der Leitung durch einen mit Schwimmerkugel versehenen Hahn verbunden ist.

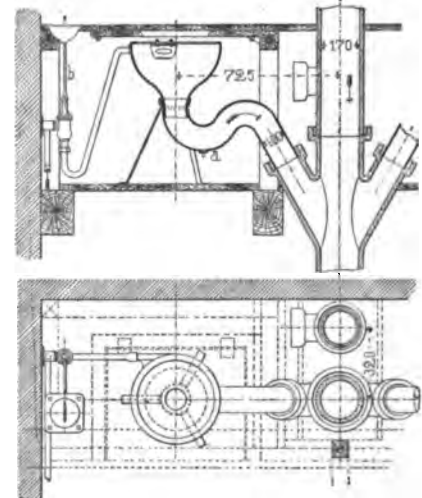


Fig. 750—751.

In Fabrik- und Lagerräumen, in denen feuergefährliche Sachen sich befinden, sollen stets mehrere **Feuerhähne** vorhanden sein, deren Weite, sowie die Weite der Zuleitung, nicht unter 50 mm sein darf. Feuerhähne für Wohngebäude sind bei 25 mm Weite genügend gross. Die Schläuche werden aus Hanf verfertigt bei einer Weite von 25—77 mm.

Zum **Sprengen in Gärten** genügen Hähne von 25 mm Weite, welche an einem aufrechtstehenden Rohre befestigt sind. Das Rohr ist unten mit einem Hahn verschlossen, welcher die vollständige Entleerung zur Verhütung des Einfrierens bewirkt.

Kleinere Gartenfontainen erfordern ebenfalls eine Zuleitung von 25 mm Weite; die Wassertiefe im Bassin beträgt nicht über 200 mm. Das Fundament des Bassins ist 1 m tief unter der Oberfläche des Gartens anzulegen, um genügende Sicherheit vor der Einwirkung des Frostes zu besitzen. Das Abflussrohr soll mindestens 50 mm weit sein.

Da der in der Rohrleitung vorhandene Wasserdruck für die Höhe des springenden Strahles der Fontainen meistens nicht voll ausgenutzt wird und die Betriebskosten mit der verbrauchten Wassermenge wachsen, so wird der der Berliner Actien-Gesellschaft für Centralheizungs-, Wasser- und Gasanlagen patentirte **Wassersparer** vielfach verwendet. Der in Fig. 752 und 753 dargestellte Apparat beruht auf dem Princip der Wasserstrahlpumpen, indem durch denselben mit Hilfe des überschüssigen Druckes in der Rohrleitung das Rückfallwasser der Fontainen wieder angesaugt und dieses, mit dem frischen Druckwasser gemischt, in Form eines wesentlich stärkeren Strahles ausgeworfen, bezw. ein wesentlich grösseres Wasserquantum für eine Ueberlauf-Fontaine nach oben befördert wird. Mit Anwendung dieses Apparates kann man bei der gewöhnlich vorhandenen überschüssigen Druckhöhe mit dem halben Wasserverbrauch die gleiche Strahlstärke, oder bei gleichem Wasserverbrauch die doppelte Strahlstärke als bisher erzielen.

Fig. 754 zeigt die Anwendung des Wassersparers bei einer Fontaine. Man hat ihn in diesem Falle in einem kleinen Wasserkasten unter dem Bassin angebracht, welcher durch das Rückfallwasser der Fontaine stets gefüllt gehalten wird. Statt dessen kann man den Wassersparer auch in der Fontaine selbst anbringen und zwar so, dass er mit dem Konus *b* noch in das Rückfallwasser der oberen Schale eintaucht.

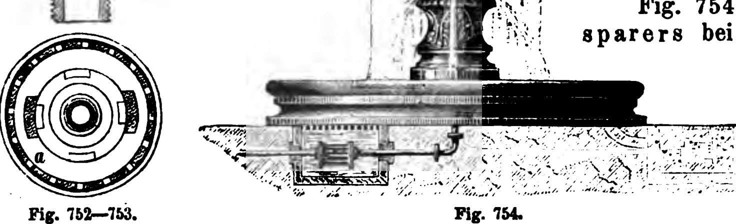


Fig. 752—753. Fig. 754.

D. Beschreibung ausgeführter Anlagen.

Eine **Wasserversorgung für eine Maschinenfabrik** ist in Fig. 755—757 dargestellt und ist deren Anordnung im Allgemeinen recht zu empfehlen. Das Gebäude ist dreistöckig, in den beiden unteren Geschossen massiv, im oberen Geschosse in Fachwerk angelegt. Das Erdgeschoss enthält den Pumpenantrieb, der erste Stock ein Zimmer für verschiedene Zwecke und der zweite Stock das Wasserreservoir. Sämmtliche Räume sind durch Anlage eines besonderen Treppenhauses bequem zugänglich gemacht. Zur Wasserhebung dienen zwei mit einander combinirte, einfach wirkende Saug- und Druckpumpen. Die Pumpen sind in dem unter dem Hause befindlichen Brunnenschacht angebracht ist, da sonst die Saughöhe zu beträchtlich wurde.

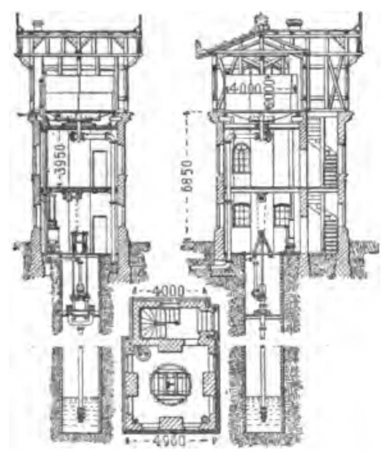


Fig. 755—757.

Das aus Eisenblech bestehende Reservoir hat cylindrische Wandung von 5 mm Stärke und einen kugelförmigen Boden von 7 mm Stärke. Das Reservoir wird unterstützt durch vier in das Innere des Gebäudes vortretende Mauervorlagen, auf deren Köpfe je 2 Lagersteine von Granit gelegt sind, auf welchen 8 das Reservoir tragende Stühle von Gusseisen ihren Platz haben. Eine gusseiserne Rohrleitung von 15,7 cm Weite dient zur Abführung des Wassers in die einzelnen Räume der Fabrik.

Ein im Pumpenraum aufgestellter Ofen dient zum Heizen des Raumes und dazu, das im Bassin befindliche Wasser vor dem Einfrieren zu bewahren. Der Durchmesser des Reservoirs beträgt 4 m, die Höhe der cylindrischen Wandung 2 m, die Höhe des kugelförmigen Bodens 0,4 m. Diesen Dimensionen entspricht nach Abzug von 0,2 m Bodenhöhe, welche für Schlammabsonderung reservirt sind, ein nutzbarer Fassungsraum von 26 cbm.

Wasserversorgungsanlage für eine Villa. Fig. 758 stellt den Durchschnitt der Wirthschaftsräume einer Villa dar, die, in unmittelbarer Nähe einer grossen Stadt liegend, von dem Rohrnetz der städtischen Wasserleitung nicht mehr erreicht wird. Im Souterrain, neben der Waschküche, steht ein kleiner Dampfkessel *a*, welcher die unmittelbar neben ihm aufgestellte doppeltwirkende Dampfpumpe *m* speist. Dieselbe

saugt das Wasser aus einem in der Nähe befindlichen Brunnen, und der Druckstrang *c* ist direct nach dem auf dem Boden stehenden Reservoir *b* geführt. Dieser Steigestrang *c* dient zugleich als Kaltwasserleitung und sind daran die Abzweigungen nach den verschiedenen Wohn- und Wirthschaftsräumen, dem Badezimmer, dem Watercloset und zu den auf den Corridoren befindlichen Feuerhähnen angebracht. Eine Abzweigung dicht über der Pumpe versorgt den Garten durch den Rohrstrang *p*, welcher mittelst des Hahnes *e* ganz abstellbar, resp. im Winter zu entwässern ist. Die ganze Leitung wird, im Falle eine Reparatur nöthig ist, durch den Haupthahn *d* abgesperrt.

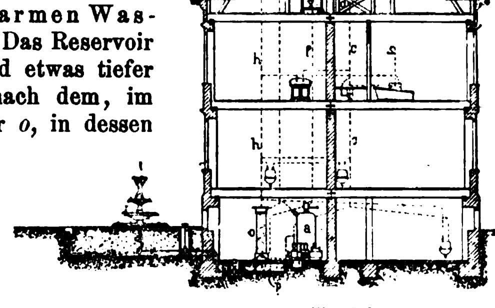


Fig. 758.

Originell bei dieser Anlage ist die Beschaffung warmen Wassers, und ist die betreffende Einrichtung, wie folgt, bewirkt. Das Reservoir *b* speist mittelst eines Schwimmkugelhahnes *i k* das kleinere und etwas tiefer stehende Reservoir *g*. Von diesem führt ein Rohrstrang *f* nach dem, im Souterrain neben Kessel und Dampfpumpe stehenden Vorwärmer *o*, in dessen unteren Boden er einmündet. Der Vorwärmer ist gänzlich mit Wasser gefüllt, und ist aus ihm das Steigrohr *h* nach dem Boden geleitet. In dem Vorwärmer befindet sich eine Rohrschlange, welche entweder frischen Dampf oder abgehenden Dampf der Pumpe empfängt, und deren Fortsetzung am andern Ende das Exhaustrohr bildet, welches über das Dach geführt ist. In dieses Exhaustrohr mündet oben das Steigrohr *h*. Die Wirkungsweise der Vorrichtung ist sonach folgende: Sobald in der Schlange der Dampf circulirt, erwärmt sich das Wasser (welches natürlich im Rohr *h* so hoch steht als der Spiegel des Reservoirs *g*) im Vorwärmer und die erwärmten Theilchen steigen im Rohre *h* empor (ähnlich wie bei einer Warmwasserheizung). Somit kann man aus allen mit *h* zusammenhängenden Seitensträngen warmes Wasser erhalten; dem Inhalte des Vorwärmers entsprechend selbst noch geraume Zeit, nachdem der Dampf aufgehört hat durch die Schlange zu circuliren. In dem Masse wie der Leitung *h* warmes Wasser entnommen wird, sinkt kaltes aus dem Reservoir *g* nach unten, um erwärmt zu werden. Das Niveau in *g* wird, wie erwähnt, durch einen Schwimmkugelhahn von *b* her stets auf einer bestimmten Höhe erhalten. Das in der Schlange und im Exhaustrohr sich bildende Condensationswasser wird nach einem kleinen Reservoir geleitet, in welchem die Kesselspeisepumpe steht.

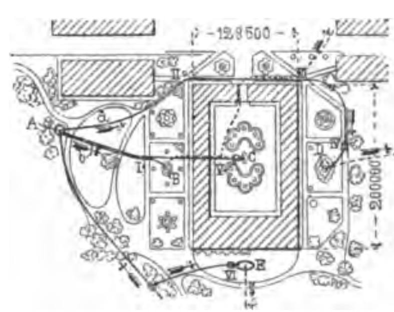


Fig. 759.

Die Wasseranlage am Waldschlosse Kosel in Böhmen ist in Fig. 759 dargestellt. Das Wasser wird durch eine Druckpumpe, welche durch ein Wasserrad betrieben wird, in ein Sammelbassin *A* geleitet. Von dort wird es mit natürlichem Gefälle mittelst der Leitungen *a* und *b* nach den Fontainen *B*, *C*, *D* geführt; von der Zuleitung zum Reservoir *A* geht ein Strang ab nach dem auf der Schlossterrasse befindlichen Bassin *E*. Das von den Fontainen und dem Bassin *E* abfliessende Wasser wird dann zum Theil in den Ställen, zum Theil in dem Reservegarten und im Glashaus verwendet. Das Reservoir ist ein gemauertes Hochreservoir auf Betongrundwerk, ebenso die Fontainenreservoirs und Bassins. Die Rohrleitung besteht aus gusseisernen Muffenröhren theilweise mit Bleidichtung und theilweise mit Hanf, Theer und Colophonium gedichtet. An einzelnen Punkten (I, II, III, IV, V und VI) wurden Anordnungen getroffen zur Anbringung von Feuerhähnen, sowie zum Besprengen des Gartens mittelst Schläuchen.

E. Canalisation.

Das in den Städten niederfallende Regenwasser, sowie das unreine Wasser der Haushaltungen und Fabriken ist in verdeckten **Abzugscanälen** nach einem tiefer gelegenen Fluss oder See abzuleiten. Das Gefälle der Canäle ist möglichst gross zu machen, doch ist man dabei vollständig auf die Gefällverhältnisse des Bodens angewiesen. Besonders massgebend für das Gefälle der Canäle ist der Höhenunterschied zwischen dem Niveau des Bodens und dem des Flusses. In London beträgt das Gefälle der kleinsten Abzugscanäle $^1/_{144}$, in Edinburg $^1/_{60}$—$^1/_{100}$, während man in Städten, die in einem flachen horizontalen Flussthale liegen, Gefälle von 1 : 3000 und darunter hat. In Hamburg haben die Hauptcanäle 1 : 3000 Gefälle, die Nebencanäle je 1 : 1400, 1 : 500 und 1 : 150. Die Reinigung solcher flach geneigten Abzugscanäle hat mittelst künstlicher Spülvorrichtungen statt zu finden. Man kann annehmen, dass ein Gefälle von 1 : 50 genügt, um ein vollständiges Ablaufen der Flüssigkeiten und Auswürfe ohne Spülung zu sichern.

Die **Hauptcanäle** sollen in einer solchen Grösse hergestellt werden, dass ein Mann darin gehen kann. **Einsteigschächte** müssen in 200—300 m Entfernung vorhanden sein, um die Canäle in kürzere Strecken zu theilen zum Zwecke der Reinigung. Die Reinigung erfolgt in den meisten Fällen durch Aufstauen der Canalisationsflüssigkeiten und plötzliches Ablassen derselben, wobei die abgelagerten Stoffe mitgerissen werden. Zuweilen werden auch die Schwankungen des Wasserspiegels der Flüsse, welche durch Ebbe und Fluth hervorgerufen werden, zur Spülung der Canäle benutzt.

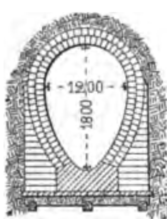


Fig. 760.

Die Sohle der Canäle muss aus sehr guten Materialien hergestellt werden, entweder harten Bruchsteinen oder hartgebrannten Ziegeln mit Cement, oder aus Cementbeton. Das Material zum Bau der Canäle muss überhaupt so beschaffen sein, dass es den verschiedenen Säuren kräftig widersteht. Das Profil der Canäle ist je nach ihrer Grösse sehr verschieden (eiförmig, oval, rund oder rechteckig). Ein sehr gebräuchliches Profil ist in Fig. 760 in grösserer Ausführung dargestellt. Dasselbe ist aus Rollschichten in Cementmörtel hergestellt, die Sohle ist aus Betonblöcken gebildet. Kleinere Canäle desselben Profiles werden ganz aus Cementstücken hergestellt, runde Canäle aus Thonröhren zusammengesetzt. Canäle zur Ableitung des Wassers der Fabriken werden, falls man nicht die obigen Profile in kleinerer Ausführung anwendet, auch aus Thonröhren-Segmenten in Verbindung mit Ziegelsteinzwischenmauerung gebildet.

Einsteigschächte zur Revision der Canäle sind in nicht zu geringer Anzahl anzubringen. Man stellt sie einfach her, indem man die Seitenwände des Canals an einer Stelle nach oben führt; die andern Seiten des Schachtes werden direct auf den mit Gurtbögen versteiften Gewölben des Canals aufgeführt (Fig. 761).

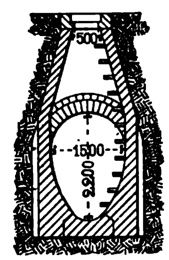


Fig. 761. Fig. 762.

Die **Anlagen zur Einführung des Wassers** in die Canäle sind so einzurichten, dass die mitgeführten Sinkstoffe nicht mit in den Canal gelangen. Man erreicht dieses durch Anbringung eines Gitters vor der Oeffnung und, indem man einen Schlammfang anwendet, in der Art, wie er in Fig. 762 gezeichnet ist. Das Aufsteigen von Dünsten aus dem Canal wird dabei durch Wasserschluss verhindert. Die Canäle in Grundstücken zum Anschluss an die Strassencanäle erfordern eine Weite von 16 cm. Eine Verstopfung ist bei ihnen vollständig ausgeschlossen durch das starke Gefälle, welches sie in der Regel erhalten.

Nehmen die Canäle nur Regenwasser und Hauswasser auf, so kann man sie unbedenklich in den nächsten Fluss oder See leiten. Weniger harmlos ist es, wenn man auch die Abtrittstoffe durch die Canäle ableitet. Es sollte in diesem Falle die Ableitung in einen Fluss nur dann geduldet werden, wenn kleinere Städte an grossen Flüssen liegen, und letztere auch bei niedrigem Wasserstande ein genügendes Wasserquantum mit hinreichender Geschwindigkeit haben. Einige Städte reinigen das Abfallwasser mittelst verschiedener Mittel, um es dann von den meisten Stoffen **gereinigt** den Flüssen zuzuführen, doch haben dieselben bis jetzt sehr wenig Erfolg gehabt. Besser, sogar lohnend ist es, das Abfallwasser zur **Ueberrieselung** von Wiesen und Ackerflächen zu verwenden, wie es jetzt von einigen der grösseren Städte mit besonderem Erfolge geschieht. Es sind dazu grosse Flächen Landes nöthig (500—1000 Personen — 1 Hectar), welche meistens nur in grosser Entfernung der Städte zu einem billigen Preise zu haben sind. Das Wasser ist dann mittelst Pumpen dorthin zu schaffen.

LITERATUR.

Verzeichniss der benutzten Quellen.

Bürckli-Ziegler, Wasserversorgung der Stadt Zürich. Winterthur, Wurster & Comp.
Deutsches Bauhandbuch. Berlin, Commissionsverlag von Ernst Toeche.
Franzius & Sonne, Ingenieurwissenschaften. Leipzig, Engelmann.
Salbach, Wasserleitung. } Halle a. d. S., G. Knapp.
Salbach, Wasserwerke der Städte Halle und Dresden. } Halle a. d. S., G. Knapp.
Schaar, Gaskalender. } Leipzig, Baumgärtner.
Uhland, Der practische Maschinenconstructeur. } Leipzig, Baumgärtner.
Uhland, Ingenieurkalender 1880. } Leipzig, Baumgärtner.

VII. Baumaschinen.

Unter diesem Namen fasst man gewöhnlich die gesammten maschinellen Einrichtungen bei Neubauten zusammen. Da dieselben zum Theil in anderen Abschnitten des „Handbuches“ behandelt worden sind, so genügt es hier, nur die bei Bauten speciell verwendeten Maschinen (Rammaschinen, Baggermaschinen, Mörtel- und Betonmischmaschinen etc.) zu berücksichtigen, bezüglich anderer aber (als Pumpen, Hebeapparate etc.) auf die betreffenden Abschnitte zu verweisen.

A. Rammaschinen.

Die Rammaschinen zerfallen nach Art des Betriebes in Zugrammen, Kunstrammen, Dampframmen und Pulverrammen. Bei der ersteren Art wird der 300—600 kg wiegende Rammbär von einer Anzahl Arbeiter 1,0 bis 1,5 m hoch gehoben und fallen gelassen. Dieses geschieht 20—30 mal hinter einander in 60—80 Sekunden (eine „Hitze“), worauf eine Pause von 1,2—2 Minuten kommt. Die Leistung des einzelnen Arbeiters dabei ist eine sehr geringe, ca. 80000 mkg in 10 Stunden.

Bei der Kunstramme erfolgt die Bewegung der Bären durch Arbeiter an einer Winde, welche stets mit Bremse und Sperrad ausgerüstet sein muss. Der ganze Apparat besteht im wesentlichen, abgesehen von dem bei jeder Ramme nöthigen Gestell, bestehend in Schwellwerk und darauf verstrebten Läufern, aus dem 500—750 kg schweren Rammbär von Gusseisen, welcher mittelst eines Schneppers so mit der zur Winde führenden Kette verbunden ist, dass der Rammbär von dem Schnepper in beliebig zu verändernder Höhe losgelassen werden kann. Sofort nach dem Schlage lassen die die Winde bedienenden Arbeiter dieselbe los und der ca. 45 kg wiegende Schnepper fällt dem Rammbären nach, greift ihn und das Spiel kann von neuem beginnen. Die Winde dient auch zum Aufrichten der Pfähle.

Für grössere Bauten verlohnt es sich, vollkommenere Constructionen, namentlich für Kraftbetrieb, zu verwenden. Die einfachste derartige Ramme bekommt man, wenn man die Winde der Kunstramme direct mittelst Dampfmaschine betreibt (Dampfkunstramme). Die Windetrommel sitzt dann lose auf ihrer Achse und dreht sich nur, sobald eine vorhandene Zahnkuppelung eingerückt ist. Das Bärgewicht kann bei dieser Anordnung bis 2500 kg betragen.

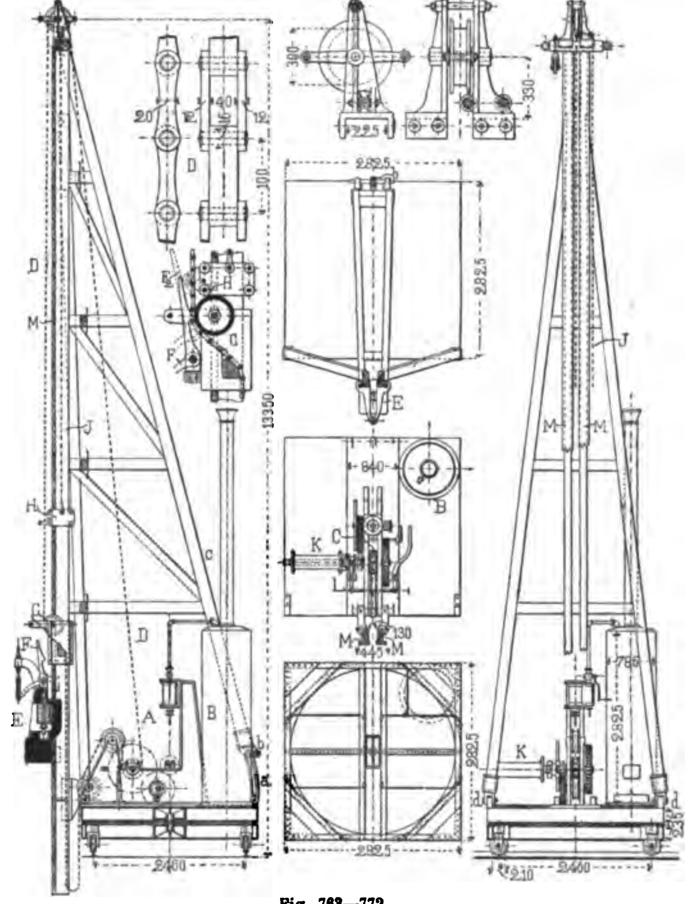


Fig. 763—772.

Bei den Dampframmen mit endloser Kette wird eine Gall'sche Kette von einer Dampfmaschine in ununterbrochene Bewegung gesetzt, und zwar unterscheidet man dieselben in solche, welche die Ausrückung selbstthätig besorgen, und in solche, welche von Arbeitern an einer Leine ausgerückt werden.

Fig. 763—772 stellen eine Dampframme nach ersterem System dar. Das Rammgerüst ruht sammt der Maschine A mit dem Dampfkessel B auf einer starken Grundplatte, welche um ein darunter befindliches

Wagengestell drehbar ist, um nach jeder Richtung hin arbeiten zu können. Die Dampfmaschine *A* setzt von der Kurbelwelle aus durch Räderübersetzung ins Langsame die grob gezahnte Kettenrolle *C* in Umdrehung und damit die endlose Kette *D* in Bewegung. Diese wird durch zwei andere Kettenrollen in die Ebene der beiden Läufer („Mäkler") *MM* geleitet, kann jedoch erst an dem Rammbären *E* angreifen, sobald eine Laufkatze *G* in die richtige Lage zu dem Bären gekommen ist. Ein stählerner, am Bären befestigter Haken *F* dient zur Verbindung mit der Kette *D*. Derselbe ist gelenkartig mit einem durch den Schwerpunkt des Bären gehenden Stabe verbunden, dessen Verbindung mit dem Bären durch Gummibuffer vermittelt wird.

Die Hubkette *D* geht an der Rückseite des Bären empor und dann durch die Laufkatze *G*, wodurch, wie schon erwähnt, der Eingriff mit dem Haken *F* hergestellt wird. Die Laufkatze wird beim Aufgange stets mitgenommen, bis der Ausrücker *H* erreicht ist. Letzterer besteht aus einer auf den Mäklern verschiebbaren, an einem Seil *J* hängenden Hülse, von deren Vorderkanten zwei Hebel ausgehen, welche an ihrem Ende zwischen sich eine Frictionsrolle tragen. Sobald nun das zungenförmige (obere) Ende des Hakens *F* mit der Rolle des Ausrückers in Verbindung kommt, wird der Haken in die punktirte Lage F_2 gebracht, d. h. aus der Kette gehoben und der Bär zum Fallen gebracht.

Das Rammgerüst ist auf der Grundplatte auch in verticaler Ebene drehbar, um geneigt stehende Pfähle einrammen zu können. Die beiden Mäkler *M* nebst seitlichen Streben sind mittelst Gelenkbolzen *dd* an der Grundplatte befestigt und in geeigneter Weise mit der auf der Rückseite befindlichen Leiter *c* verbunden, welche an ihrem unteren Ende ein kleines Stirnrad *b* trägt, das mit einer Zahnstange *a* in Eingriff steht, welche ebenfalls drehbar an der Grundplatte befestigt ist. Durch Drehen der mit einem Sperrrade versehenen Welle des Triebes *b* ist man dann leicht im stande, den Mäklern jede nöthige Neigung zu ertheilen.

Das Aufwinden der Pfähle erfolgt durch eine von der Maschine betriebene Windetrommel *K* mit rundgliedriger Kette. Diese Trommel ist gewöhnlich nicht mit der Maschine gekuppelt und wird nur bei Bedarf mittelst eines Hebelmechanismus *L* durch eine Klauenkuppelung eingerückt. Die letztere Windevorrichtung kann man in manchen Fällen auch benutzen, um die Ramme bei grösseren Versetzungen selbstthätig auf den Schienen fortzubewegen.

Das Bärgewicht beträgt 850—1600 kg, wobei die Stärke der zugehörigen Dampfmaschine ca. 3—8 HP beträgt.

Zu erwähnen wären dann noch die Nasmyth'sche Ramme und die Pulverramme. Bei ersterer wirkt die Kolbenstange eines Dampfcylinders nach Art der Dampfhämmer direct als Rammbär, während bei letzterer ausser der Fallkraft des Rammbären noch die Explosionskraft einer Pulverpatrone auf den Pfahl wirkt. Der Rammbär wird in letzterem Falle durch das Pulver auch wieder nach oben befördert.

B. Baggermaschinen.

Wie bereits im Abschnitt „Wasserbau" angegeben, unterscheidet man die Bagger besonders in senkrechte und geneigte Bagger. Erstere gestatten die ausgedehnteste Anwendung für Fundirungszwecke u. dgl., während letztere nur für Fluss- und Hafenbau Verwendung finden können.

Als Beispiel eines **verticalen** Eimerbaggers möge der in Fig. 773 dargestellte Handbagger dienen, welcher zum Absenken von Brunnen anzuwenden ist. Die Eimerkette *a* besitzt eine grosse Anzahl sehr kleiner Eimer *b* von nur 5—10 Liter Inhalt und ist mit ihren beiden Trommeln, welche hier aus zwei grob gezahnten Rädern bestehen, zwischen zwei Pfosten *c* montirt, die zugleich zur Aufnahme des Windewerkes dienen. Bei grösser Länge der Pfosten gleitet die Gelenkkette der Eimer an Streichschienen *d*. Die Bewegung des Baggers geschieht durch einige Arbeiter, welche an der oben befindlichen Winde arbeiten. Die Leistungsfähigkeit eines derartigen Baggers kann bedeutend erhöht werden, wenn man ihm nach Waltjen eine pendelnde Bewegung ertheilt. Der Antrieb erfolgt dann gewöhnlich durch eine Locomobile und die pendelnde Bewegung von der Hand.

Fig. 773.

Bagger mit geneigter Kette sind im offenen Wasser sehr im Gebrauch, da sie für dieses vortheilhafter sind als jedes andere System und am leichtesten die zweckmässigste Tiefe für die angreifenden Eimer und die einfachste und vollständigste Entleerung der ausstürzenden Eimer gestatten. Die geneigte Kette schlingt sich ohne Ende um die zwei Trommeln, welche den oberen und unteren Punkt der aus zwei parallelen Trägern bestehenden sog. Leiter ausmachen. Die Leiter dient zum Heben und Senken der Kette und zur Unterstützung der oberen, mit gefüllten Eimern versehenen Kettenhälfte.

Fig. 774—780 stellen einen grossen Dampfbagger mit geneigter Kette dar, wie er zum Bau des Kriegshafens in Kiel von F. A. Egells in Berlin geliefert ist. Die unter 45° liegende Eimerkette hebt den losgelösten Erdboden so hoch über das Schiff, dass die nach beiden Seiten führenden Rinnen *A* noch genug Gefälle haben, um ein Nachhelfen mit Menschenkräften überflüssig zu machen (Neigung der Rinnen 37 ½°).

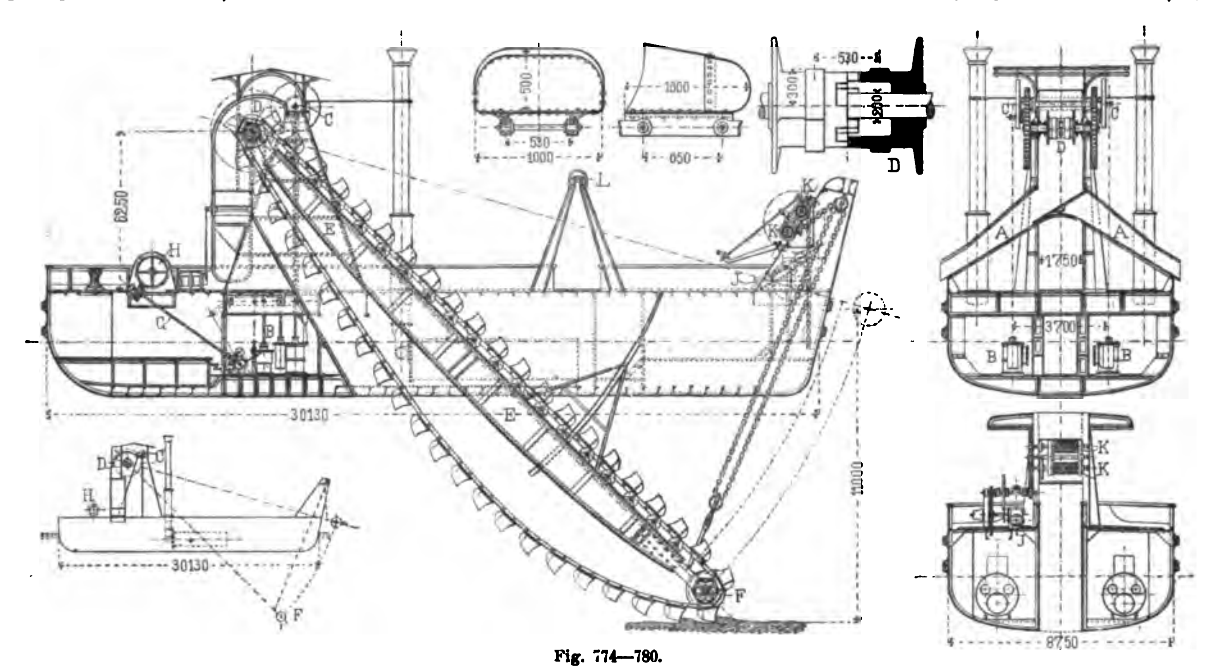


Fig. 774—780.

Im hinteren Theile des Schiffes steht die Dampfmaschine, bestehend in zwei Woolf'schen Maschinen *B* von je 30 HP, welche mittelst langer Pleuelstangen direct an der oben auf einem starken schmiedeeisernen Gerüst gelagerten Welle *C* angreifen und mittelst Vorgelege die nach hinten liegende Trommelwelle treiben. Auf der Trommelwelle sitzt die fünfeckige Trommel *D*, über welche die Eimerkette geht. Die Eimerleiter *E* besteht aus zwei starken Blechträgern und ist um die obere Trommelwelle drehbar. An ihrem unteren Ende trägt sie die sechseckige Trommel *F*, um welche sich wiederum die Eimerkette legt.

Zur Bewegung des Baggers nach allen Richtungen dient die von der Maschine betriebene schräg gelagerte Welle *G* mit Schraube ohne Ende, welche die auf Deck stehende Winde *H* mit zwei Windetrommeln treibt, auf die sich die Warptaue nach rechts und links aufwickeln können.

Zum Heben der Eimerleiter dient die im Vordertheil des Schiffes seitwärts gelagerte Dampfmaschine *J* von 12 HP. Dieselbe treibt durch ein passendes Rädervorgelege eine starke Frictionswinde *K*, um welche sich die Kette des Flaschenzuges mit 4 Rollen, an welchen die Eimerleiter hängt, in mehrfachen Windungen geschlungen ist. *L* ist ein über die ganze Breite des Schiffes sich bewegender Krahn, durch welchen das schnelle Befördern von Maschinentheilen etc. mittelst Differential-Flaschenzuges ermöglicht ist.

Die Eimerleiter befindet sich in einem Schlitze des nach vorn offenen Schiffes, welches nur durch eine starke Verbindung über Deck zusammengehalten ist. An den Längsseiten liegen die beiden Kessel mit ihren Kohlenräumen, während sich ganz im Vordertheil des Schiffes die Küche, Cajüte der Leute und die Schlafräume derselben befinden. Die Cajüten des Maschinenmeisters, Steuermanns und das Bureau des Baggermeisters befinden sich im Hinterdeck.

Eine Baggermaschine für Locomobilbetrieb wurde zuerst von Castor ausgeführt. Unsere Abbildung Fig. 781—783 zeigt die bei der Fundirung der Pfeiler für die Eisenbahnbrücke über die Isar bei München angewendete Baggermaschine, deren Zeichnung wir der Zeitschrift des bayerischen Arch.- und Ing.-Vereins 1871 entnommen haben. Dieselbe ist auf einer Rüstung aufgestellt, die eine Bewegung nach zwei zu einander rechtwinkeligen Richtungen gestattet. Auf dem aus zwei soliden Spundwänden gebildeten Gerüst bewegt sich mittelst 8 Laufrollen auf Schienen ein in Eisenconstruction ausgeführter Wagen *A* und auf diesem ist ein Wagen *B* in winkeliger Richtung beweglich, welche die Baggervorrichtung direct aufnimmt.

Die Kraft wird mittelst Riemen von einer Locomobile *C* auf die Riemenscheibe *D* der Baggermaschine geleitet. Die Welle der Riemenscheibe *D* versetzt mittelst eines kleinen Triebes ein grosses Zahnrad *E* in Umdrehung und die Welle des letzteren wiederum mittelst eines Triebes das auf der Trommelwelle aufgekeilte Rad *F*. Die Trommel von quadratischem Querschnitt ist in dem aus I-Eisen gebildeten starken Gestelle gelagert und nimmt das obere Ende der aus zwei Blechträgern *G G* gebildeten Eimerleite

auf, welche um die Trommelwelle drehbar ist. Ueber die Eimerleiter und die am unteren Ende befindliche Trommel *H*, welche genau gleich der oberen Trommel gebildet ist, schlingt sich die aus Gelenkketten gebildete Eimerkette, deren Eimer *JJ* mit Zacken versehen sind, da die wegzubaggernden Massen zum grössten Theile aus Ablagerungen bestanden, welche mit Gesträuchresten u. dgl. gemischt waren.

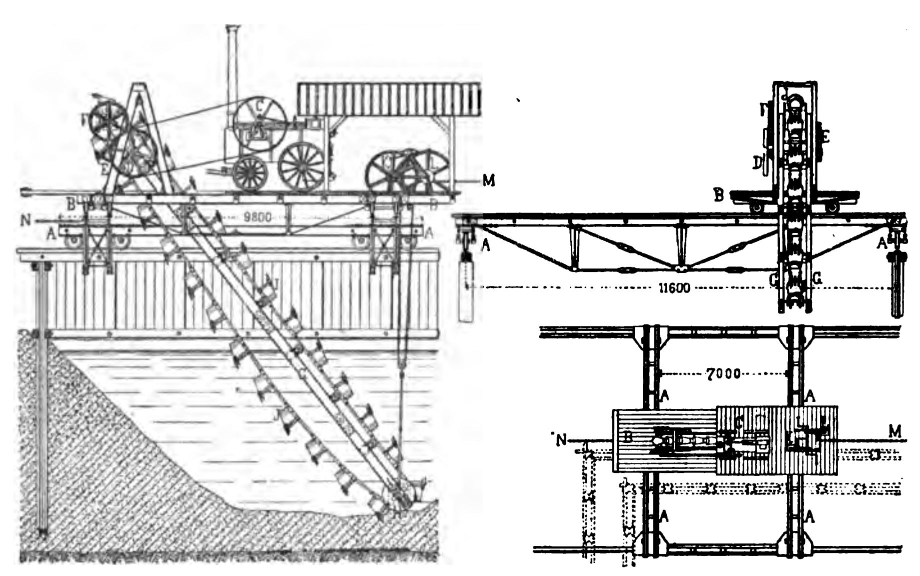


Fig. 781—783.

Zum Verstellen der Baggertiefe dient die von Hand bewegte Winde *K*, welche sich ebenfalls auf dem oberen Wagen *B* befindet. Diese besitzt einfache Räderübersetzung und windet die an einer Kette hängende Baggerleiter mittelst Einschaltung einer Rolle nach oben. In dem Gestelle der Winde *K* befindet sich zugleich noch die Windevorrichtung *L* zum Bewegen des unteren Wagens und damit des ganzen Gestelles mittelst der Kette *M* nach rechts. Das Bewegen des ganzen Apparates nach links findet durch eine am Ufer stehende Winde an einer Kette *N* statt.

Neben den Schaufel- oder Eimerbaggern sind auch von diesen vollständig abweichende Vorrichtungen zum Baggern construirt. Dieselben beruhen stets auf dem Princip der gewöhnlichen Pumpen und können infolge dessen auch nur in schlammiger oder sandiger Bodenart angewendet werden, sollen hier aber sehr günstige Resultate im Vergleiche zu den Eimerbaggern ergeben. Es ist dies wohl hauptsächlich eine Folge des Wegfalls der zahlreichen bewegten Massen der Eimerbagger.

Die Pumpenbagger werden mit Centrifugalpumpen und mit gewöhnlichen Pumpen ausgestattet und danach in Centrifugalpumpen-Bagger und Pumpen- oder Vakuum-Bagger geschieden. Letztere Bagger besonders sind solche, bei denen in einem grösseren im Schiff befindlichen Behälter durch Pumpen oder Condensation von eingeführtem Dampf ein Vakuum erzeugt wird. Ein von dem Behälter auf die Flussohle reichendes, teleskopartig zum Verlängern eingerichtetes Rohr mit Sauger dient alsdann zum Ansaugen der Erdmassen, welche jedoch hier nur in stark wässerigem Schlamm bestehen können.

Bei den Centrifugalpumpen-Baggern befindet sich die Centrifugalpumpe an dem unteren Ende eines Rohres, welches die Stelle der Baggerleiter vertritt. Vor der Centrifugalpumpe sind, auf der Welle derselben sitzend, einige schraubenförmige Schaufeln angebracht zur Auflockerung des Bodens. Das Rohr kann dann nach Art der Eimerbagger vertical angeordnet werden (nach Gwynne) oder geneigt (nach Brodnitz & Seydel).

C. Mörtelmaschinen.

Die Bereitung des zum Bauen nöthigen Mörtels erfolgte bis in die neueste Zeit ausschliesslich in der Weise, dass Kalk etc. mit Sand in einem Kasten durch Arbeiter gemischt und unter fortwährendem Zufluss von Wasser umgerührt wurde.

Die Mörtelmenge, welche man auf 1000 Normalziegel (250 × 120 × 65 mm) beim Hochbau verwendet, beträgt ca. $^2/_3$ cbm. Man kann annehmen, dass ein Maurer pro Tag 500 derselben, also $^1/_3$ cbm Mörtel verbraucht, und daraus ungefähr ersehen, wie gross die zu einem Bau täglich verbrauchte Mörtelmenge ist. 1 cbm Mauerwerk enthält 400 Normalziegel und ca. $^1/_4$ cbm Mörtel.

Die zur Mörtelbereitung angewendeten Maschinen sind sehr verschieden in Construction, Leistungsfähigkeit und Arbeit. Während man in den meisten derartigen Maschinen nur ein inniges Mischen der Materialien herbeiführen will, giebt es auch wieder andere, welche dieselben noch zerkleinern. Letzteres

besonders wird durch die Kollergänge bewirkt, welche man zum Mischen des Mörtels hin und wieder noch angewendet findet. Dieselben sind nicht sehr leistungsfähig im Verhältniss zu der nöthigen Betriebskraft und genügt es, auf die auf Seite 27 und 28, Bd. III des Handbuches befindlichen Abbildungen und Beschreibungen derartiger Maschinen für Giessereizwecke zu verweisen.

Sehr gute Resultate sollen mit der in Fig. 783 dargestellten verticalen Mörtelmaschine von W. Joh. Schuhmacher in Köln a. Rh. erzielt worden sein. Die stehende Welle *A*, welche an ihrem unteren Ende in einem mit Stopfbüchse versehenen Spurlager und oben in einem Halslager *B* gelagert ist, ist mit schmiedeeisernen Doppelflügeln versehen, welche mit starken Zacken ausgestattet sind, nach Art des in Fig. 99—102 S. 27 Bd. III des Handbuches dargestellten Thonschneiders, der auch mit Vortheil zur Mörtelbereitung verwendet werden kann.

Wie aus nebenstehender Figur ersichtlich, erfolgt der Betrieb der Welle *A* von einer Riemenscheibe *C*, die von einer Locomobile angetrieben wird, mittelst Winkelräder- und Stirnräderübersetzung. Die Inbetriebsetzung der Maschine ist eine äusserst einfache, und zwar wird, nachdem die Maschine in Bewegung gesetzt ist, dieselbe bei geschlossenem Schieber *D* mit den zur Mörtelbereitung erforderlichen Materialien unter fortwährendem Zufluss von Wasser bis zum Rande gefüllt, sodann der Schieber, je nach der erforderlichen Qualität des Mörtels, mehr oder weniger hoch gehoben, wonach der Mörtel in einem continuirlichen Strome ausfliesst. Der Mörtelkessel muss hierbei immer gefüllt gehalten werden, damit auch die oberen Theile nicht ausser Wirkung kommen.

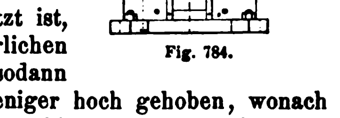


Fig. 784.

Eine derartige Maschine liefert für Handbetrieb bei einer Betriebskraft von 1—2 Mann Mörtel für 10—20 Maurer und für Kraftbetrieb pro Pferdekraft Mörtel für 30—35 Maurer.

Eine Mörtelmaschine liegender Construction veranschaulichen Fig. 784—787. Ein gusseiserner Cylinder von ca. 2 m Länge und 1,5 m Durchmesser ist an einem Ende durch einen Deckel geschlossen, am anderen Ende offen. An der geschlossenen Seite befindet sich die Einschüttöffnung *F*, welche gewöhnlich noch mit einem grösseren Trichter ausgestattet ist, um mehrere Karren Mörtelmaterialien zugleich im richtigen Mischungsverhältniss einschütten zu können. In der Trommel befindet sich eine horizontal gelagerte Welle *D*, welche mit schräggestellten Schlägern *E* armirt ist, deren Flächen Schraubenflächen um die Axe des Cylinders bilden.

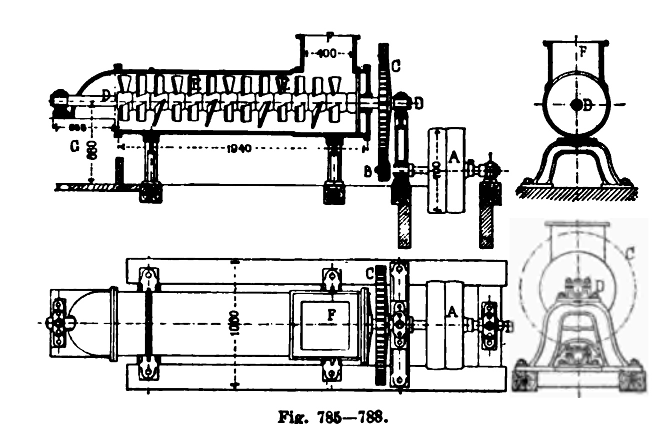


Fig. 785—788.

Der Antrieb erfolgt von loser und fester Riemenscheibe *A*, meist von einer Locomobile aus, mittelst zweier Stirnräder *B* und *C* auf die Welle *D*, deren Flügel die bei *F* eingeschütteten Mörtelmaterialien durcharbeiten und bei *G* gehörig und innig gemischt abgeben. Der Weg, den die Masse dabei zu durchlaufen hat, ist so bemessen, dass vor dem Ausfluss die absolute Mischung des Materials bereits bewirkt ist. Bei den dieser Maschine ähnlichen Constructionen von C. Schlickeysen und Möller & Blum in Berlin wird der continuirliche Ausfluss des Mörtels durch eine an der Ausflussöffnung befindliche Klappe selbstthätig geregelt.

Bei den bis jetzt angeführten Maschinen kann man die Arbeit der Maschine im Inneren nicht übersehen, was von einigen Seiten als ein Nachtheil bezeichnet wird. Es werden deshalb mehrfach halbrunde offene Trommeln (Mulden) verwendet, in welchen der Mörtel in derselben Weise, wie oben angegeben, durch an horizontaler Welle befestigte Schläger durchmischt wird und bis zum Ausfluss mit den Augen verfolgt werden kann, wodurch man es in der Hand hat, seine Consistenz durch Wasserzusatz zu reguliren.

Fig. 788—789 stellen eine bei den Kieler Hafenbauten verwendete derartige Maschine dar. Die oben offene Trommel *A* liegt versenkt unter einer Bühne *L*, auf welcher das zu mischende Material in Karren angefahren wird. Dieses wird, der erforderlichen Zusammensetzung entsprechend, abgemessen und von zwei Arbeitern ohne Unterbrechung gleichmässig in das obere Ende der Trommel geschaufelt, während aus einer zu dem Zwecke angebrachten Rohrleitung das nöthige Wasser zugesetzt wird.

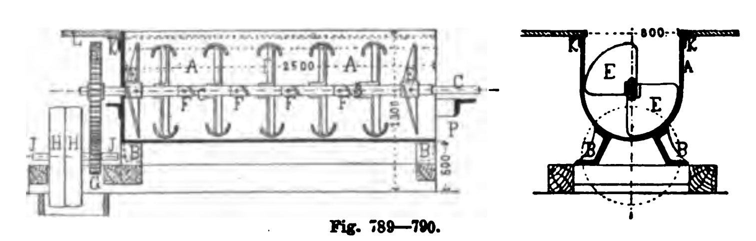


Fig. 789—790.

In der Trommel dreht sich eine Welle *C*, auf welcher 18 Messer *FF* befestigt sind. Dieselben bilden eine Schraubenfläche, welche den Mörtel fortschiebt, während derselbe durch die an den Enden der Messer sitzenden Haken ausserordentlich rasch und gründlich gemischt wird. Die Haken sind aus 30 mm starkem, nach den Enden zu ausgestrecktem Rundeisen gebildet und an die Messer geschweisst. Je zwei Messer werden durch einen Schraubenbolzen an der Welle befestigt und können leicht ausgewechselt werden, wenn die Haken abgenutzt sind.

An den beiden Enden der Welle sitzen je zwei Schraubenflügel *EE*, welche einerseits den Mörtel aus dem Troge schieben sollen, anderseits gewissermassen eine Dichtung der Welle an der hinteren Mörtelwand bewirken, da die eingeworfenen Materialien gleich vorwärts geschoben werden. Die Welle macht ca. 40 Umdrehungen pro Minute und wird durch Stirnräder *GD* mittelst eines Vorgeleges *J* angetrieben, deren Riemenscheiben *HH* den Riemen einer Locomobile aufnehmen.

Eine von den bis jetzt angegebenen Maschinen vollständig abweichende Construction ist in Fig. 791—793 dargestellt, die sog. Betontrommel. Dieselbe eignet sich weniger zur Mörtelbereitung als ganz vorzüglich zum Mischen von Beton.

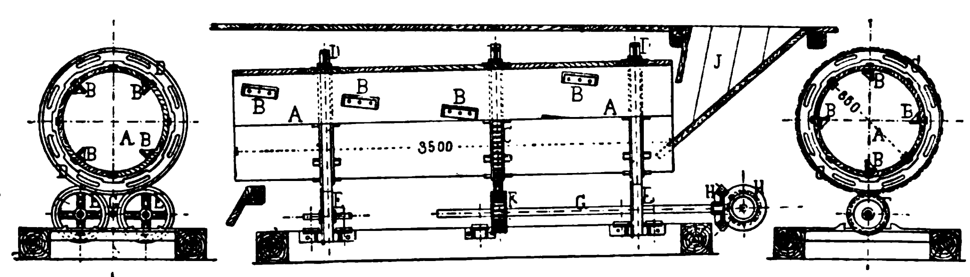


Fig. 791—793.

Die aus Holz gefertigte, an beiden Enden offene und mit Eisenblech ausgeschlagene Trommel *A*, an deren Innenseite die eisernen Winkel *B* in einer Schraubenlinie befestigt sind, trägt am äusseren Umfange, etwas ausserhalb der Mitte, den Zahnkranz *C* und ruht an beiden Enden mittelst der beiden Schienenringe *D* auf den Führungsrollen *E*. Das in den Zahnkranz eingreifende Getriebe *F* ist auf der Vorgelegewelle *G* festgekeilt, deren Antrieb durch das konische Räderpaar *HH* von der Haupttransmission ausgeht. Am hinteren Ende ist der Fülltrichter *J* so angebracht, dass sein oberer Rand mit dem über der Trommel befindlichen Podium abschneidet, während die untere Oeffnung etwas in die Trommel hineinragt. Letztere ist nach vorn geneigt und macht pro Minute 8 Umdrehungen.

Da das Mischen in dieser Maschine infolge mechanischen Durcheinanderwerfens der einzelnen Materialien erfolgen soll, so fehlt die mit Schlägern oder Flügeln besetzte Achse.

In einer solchen Trommel können in 10 Stunden ca. 70 cbm Beton gemischt werden, wenn als Betriebskraft eine Dampfmaschine von 2—3 HP dient und das Anfahren und Einschütten von Mörtel und Steinschotter durch 14 Arbeiter besorgt wird. Die Beschickung erfolgt auf sehr einfache Weise. Wenn z. B. der Beton aus zwei Theilen Steinschotter und einem Theil Mörtel zusammengesetzt sein soll, so werden zwei mit Schotter und eine mit Mörtel gefüllte Karre von drei Seiten zugleich in die rechteckige Trichteröffnung entleert. Durch die Umdrehung der Trommel werden dann beide Materialien ausgezeichnet miteinander vermengt.

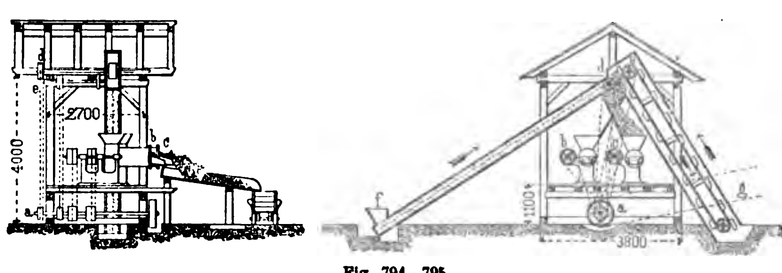


Fig. 794—795.

In Fig. 794—795 ist eine Mörtelanlage dargestellt, welche von C. Schlickeysen in Berlin beim Bau des Anhalter Bahnhofs in Berlin ausgeführt wurde. Es sind dabei zwei horizontale Mörtelmaschinen *b* und *c* Schlickeysen'scher Construction angewendet. Dieselben sind liegende, eiserne Cylinder von 300 mm lichter Weite und 1200 mm Länge, mit durchgehender Messerwelle mit Hartguss-Messern und am Ausfluss mit durch ihr Gewicht denselben regulirender Klappe versehen. Auf dem Einwurf ist ein hoher Trichter aufgesetzt, in welchem ein horizontaler Vormischer liegt, dessen Arme zwischen den sich darunter drehenden Hauptmessern durchschlagen und, da sie sich dreimal so schnell wie diese drehen, den aufgeworfenen Sand und Kalk durcheinander schleudern.

Die Messerwelle macht pro Minute ca. 50 Touren und, da die Maschine pro Stunde über 5 cbm liefert und während der Arbeit, nach Abzug des Raumes für Messer und Messerwelle, nicht über $150 \times 400 = 60000$ ccm Material enthält, welches einen Weg von $1{,}2 + 0{,}3 = 1{,}5$ m zu durchlaufen hat, so durch-

läuft also jedes Partikelchen Sand und Kalk die Maschine unter ziemlich hohem Druck in 3/4 Minuten, die zur innigsten Mischung genügen.

Die Maschinen *b* und *c*, von denen die eine stets in Reserve steht und die andere arbeitet, sind auf einem 1,1 m hohen Podium aufgeschraubt; über dieselben hebt von der einen Seite ein Sandelevator *e*, von der anderen Seite eine schräg ansteigende volle Kalkschnecke *d*, deren Einwurftrichter *f* unmittelbar auf dem Rande der Kalkgrube ruht, die Materialien. Diese fallen oben einzeln durch Siebkörbe hindurch, welche die verunreinigenden Steine in je einen Kasten sammeln und die Materialien dann zusammen auf den Vormischer steinfrei durchlassen. Unter dem Ausfluss befindet sich eine mehrere Meter lange und breite, schräge Rinne, ringsum mit hohem Rande versehen, auf welcher einige Kubikmeter Mörtel lagern, um in die vorbeifahrenden kleinen Waggons mit darauf stehenden Kalkkasten, à ca. 1/4 cbm Inhalt, mittelst Kratze hineingezogen zu werden.

Der Betrieb erfolgt von einer Locomobile mittelst Riemens *g* auf die Hauptwelle *a*, von welcher die einzelnen Riemenscheiben angetrieben werden.

D. Bauaufzüge.

Wie bereits erwähnt, erfahren die Hebeapparate in einem besonderen Abschnitte des Handbuches ausführliche Behandlung. Es sollen deshalb an dieser Stelle dieselben nur hinsichtlich ihrer speciellen Anordnungen für Bauzwecke betrachtet werden.

Die Aufzüge bei Neubauten dienen theils zum Transportiren der Mörtelmaterialien zu den Mörtelmaschinen, theils zum Heben des fertigen Mörtels und der Steine, Balken etc. zur Verwendungsstelle. Die Aufzüge der ersteren Art sind Kalkschnecken und Sandelevatoren, welche auch bei der auf der letzten Seite beschriebenen Mörtelanlage von C. Schlickeysen (s. Fig. 794—795) angewendet wurden. Zum Heben des Kalkes dient ausser der Kalkschnecke die Kalkpumpe und hängt die Verwendung einer der beiden von der Beschaffenheit des zu fördernden Kalkes ab, da die Kalkschnecken eine gewisse Consistenz des Materials erfordern, falls der Nutzeffect nicht zu gering sein soll, während die Pumpen gerade recht dünnen und fetten Kalk am vortheilhaftesten fördern. Die Kalkpumpen werden in Gusseisen construirt mit gusseisernen Rohrleitungen, während die Kalkschnecken gewöhnlich in hölzernen Rinnen liegen, welche nur bei grösseren Längen durch gusseiserne Röhren ersetzt werden.

Die Sandelevatoren bestehen aus zwei Trommeln, über welche sich Gurte aus vulcanisirtem Gummi mit Hanfeinlagen oder Lederriemen legen, die mit einer grösseren Anzahl eiserner Becher versehen sind. Der Sand wird in einen unten befindlichen Trichter eingeworfen und dort mittelst der eisernen Becher geschöpft, wobei ein Streichblech die Menge des Sandes regulirt. Zur Abhaltung von Steinen ist der Trichter mit einem Siebe versehen, welches mit einem besonderen Schüttelwerke in Verbindung gesetzt werden kann.

Der Aufzug des fertigen Mörtels und der Steine wird auf zweierlei Art bewirkt, entweder mittelst Winde und Kette odes mittelst hydraulischer Aufzüge, welch letztere für grosse und ausgedehnte Bauten den Vorzug verdienen.

Bei ersterer Beförderungsart wird das Material in Kasten transportirt, die auf kleine Wagen gesetzt sind und auf Schienengeleisen bis zur Aufzugsstelle laufen. Hier wird der mit Griffen versehene Kasten in die 4 Haken der Aufzugskette gehängt, mittelst Winde durch die Maschine aufgezogen, oben auf den untergeschobenen Wagen gestellt und auf Schienengeleisen bis zur Verwendungsstelle gefahren, während beim Niedergang der Kette ein leerer Kasten wieder mit hinuntergeht.

Es bleiben hierbei also die Wagen stets an ihren bezüglichen Stellen und werden nur die Kasten gehoben, während bei den hydraulischen Aufzügen die mit Steinen beladenen Wagen auf die Plattform geschoben, direct oben bis zur Verwendungsstelle gefahren und beim Niedergang leere Wagen nach unten befördert werden.

Die hydraulischen Aufzüge bestehen aus zwei durch Galle'sche Gelenkketten miteinander verbundenen Wasserkasten, die mit Plattform und Schienengeleise zur Aufnahme der Wagen versehen sind. Eine selbstthätige Bremse hält die Förderlast permanent fest und gestattet erst nach Lösung ein Auf- und Niederfahren derselben. Oberhalb dieser Bremse befindet sich ein Reservoir, aus welchem zur Förderung der Last soviel Wasser in den leeren oberen Kasten eingelassen wird, bis dasselbe im stande ist, den unten befindlichen Wagen mit beladenem Kasten aufzuziehen. Bei Ankunft des gefüllten Kastens unten öffnet sich ein Ventil und lässt das Wasser durch die Sammelbassins in ein daneben befindliches Reservoir laufen, aus welchem es direct wieder nach oben gepumpt wird, um so seinen Kreislauf fortzusetzen.

Der Inhalt eines Wasserkastens beträgt ca. 1—1 1/4 cbm, sodass jedesmal incl. Reibungsverlust eine Nutzlast von 800—1000 kg gehoben werden kann, und kommt diese somit einem Quantum von ca. 250 bis 300 Ziegelsteinen gleich, die des bequemeren An- und Abfahrens halber in zwei Wagen vertheilt werden.

Zum Aufziehen der Bauhölzer dienen gewöhnliche Winden (Bauwinden) mit Ketten, die entweder direct am Gerüste befestigt oder unten am Erdboden angebracht sind. Diese Winden können auch zum Versetzen schwerer Werkstücke Verwendung finden, indem man sie mit Rädern versieht und auf einer Schiebebühne anbringt, die sich in einiger Höhe über dem Bau befindet.

E. Pumpen für Bauzwecke.

Man verwendet bei Bauten ausser zum Heranschaffen des Wassers für die Mörtelbereitung Pumpen zum Entwässern der Baugruben, zum Heben des Wassers für die etwa vorhandenen hydraulischen Aufzüge und für die Maurer.

Zur Entwässerung der Baugruben werden verwendet Centrifugalpumpen, Saugpumpen mit Handbetrieb und in neuerer Zeit auch Pulsometer. Die Vortheile der ersteren sind bei den hier vorkommenden geringen Saughöhen gegenüber den Kolbenpumpen unverkennbar, auch besonders deshalb, weil das zu hebende Wasser meist mehr oder weniger verunreinigt und dickflüssig ist. Die Aufstellung der Centrifugalpumpen, welche stets von Locomobilen angetrieben werden, ist eine sehr einfache und genügt ein einigermassen solides Gestell von Holz, welches meist direct aus der vorhandenen Rüstung gebildet wird, für diese Zwecke.

Für kleinere Bauten finden meist einfachwirkende Saugpumpen mit zwei Cylindern für Handbetrieb Anwendung. Die beiden Cylinder sind vertical angeordnet nach Art der Feuerspritzen und sind auch wie bei diesen die Kolben durch Stangen mit dem schmiedeeisernen Druckbaume in Verbindung, der von Arbeitern auf- und abwärts bewegt wird. Die Leistung einer solchen Pumpe von 157 mm Cylinderdurchmesser soll bei ca. 9 m Saughöhe und normaler Geschwindigkeit 15000 Liter pro Stunde betragen.

Sind grosse Wassermassen zu bewältigen, so werden in neuerer Zeit auch mit Vortheil Pulsometer verwendet. Dieselben eignen sich gerade sehr gut für Bauzwecke wegen der einfachen Anordnung ihrer einzelnen Theile und ihrer leichten Aufstellung an jedem Punkte der Baugrube ohne jedes Fundament.

Zum Fördern des Wassers bei den vorhin angeführten hydraulischen Aufzügen und zum Heraufschaffen des Wassers für die Maurer dienen kleinere doppeltwirkende Pumpen, welche von dem vorhandenen Motor (Locomobile, Gaskraftmaschine) betrieben werden.

VIII. Strassenbau, Eisenbahnbau und Betrieb.

A. Strassenbau.

Für die Abnutzung der Strassen sind massgebend die Belastungen und die Geschwindigkeiten der Fuhrwerke bei bestimmten Abmessungen und die **Spurweite**. Letztere war früher durch Gesetz bestimmt und betrug in England 1,520 m, von Aussen- zu Aussenkante des Radkranzes gemessen, in Preussen 1,360 m, von der Aussen- zur Innenkante des Radkranzes gemessen. Die Maximalbelastungen sind meistens durch Special-Gesetze geregelt, und zwar gilt als Regel eine Maximallast von 8500 kg für einen Wagen bei Felgenbreiten von 17,5 – 30 cm. Bei Locomotiv- und Kesseltransporten kann jedes Rad bis 10000 kg belastet sein. Schwere Chausseewalzen wiegen bei 1,0 – 1,1 m Breite unbelastet 5000—7000 kg, mit Steinen oder Wasser belastet 7000—10000 kg; mit Dampf betriebene Chausseewalzen wiegen 12500—13000 kg, wobei das Gewicht auf 2 Achsen von 2,0—2,5 m Abstand und eine Zone von 1,1—1,5 m Breite vertheilt anzunehmen ist (die Achsen sind gewöhnlich ungleich belastet). Die Geschwindigkeit der Fuhrwerke richtet sich nach der Geschwindigkeit des verwendeten Zugthieres. Die Geschwindigkeit des Pferdes beträgt bei verschiedenen Gangarten in m pro Secunde:

Gangart	Geschwindigkeit	Gangart	Geschwindigkeit	Gangart	Geschwindigkeit
Langsamer Schritt . . .	1,0	Gestreckter Trab . .	4,0—6,0	Stärkster Galopp . .	10,0—12,0
Schnellschritt.	2,0	Stärkster Trab . . .	10,0	Renngeschwindigkeit .	12,0—16,0
Kurzer Trab	3,0—4,0	Gewöhnlicher Galopp .	7,0—10,0	Grösste beob. desgl. .	24,0 (?)

Esel bewegen sich im Schritt mit 0,6—1,2 m, Maulthiere desgl. 0,8—1,5 m, Ochsen desgl. 0,4—0,7 m pro Secunde.

Die Strassen sind so zu traciren, dass sie sich dem Terrain möglichst anschliessen und dass starke Krümmungen möglichst vermieden werden. Die Kronenlinie ist so zu legen, dass hohe Auf- und Abträge thunlichst vermieden werden und ein häufiger Wechsel des Steigens und Fallens nicht eintritt. Als Maximalsteigungen gelten in der Regel: in gebirgigen Gegenden 5%, im Hügellande 4%, im Flachlande 2,5%. Können Maximalsteigungen von mehr als 4% nicht vermieden werden, so sind in Entfernungen von 600 – 800 m horizontale Ruhestrecken von ca. 30 m Länge anzubringen. Horizontale Strecken sind nur dann zulässig, wenn die Strasse eine freie Lage hat und eine besonders gute Entwässerung stattfindet. Die Strassenkrone soll nach einigen Vorschriften 0,6 m über den bekannten höchsten Wasserstand gelegt werden, nach anderen Vorschriften soll dieselbe nur so hoch liegen, dass sie von dem Hochwasser nicht erreicht wird.

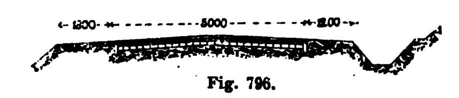
Die **Breite des Planums** der Strasse richtet sich im allgemeinen nach der Frequenz und der hierdurch bedingten Breite der Steinbahn. Erhebt sich das Planum nicht wenigstens 0,6 m über das Terrain, oder ist dasselbe ganz oder theilweise in das Terrain eingeschnitten, so ist auf beiden Seiten, resp. auf einer Seite ein Graben von ca. 1½facher Böschung anzulegen. Die Dimensionen der Gräben richten sich nach der abzuführenden Wassermenge und nach ihrem Gefälle.

Das Quergefälle der Steinbahn richtet sich zum Theil nach dem Längengefälle der Strasse, sodass bei starkem Gefälle ein geringeres Quergefälle angewendet wird; ausserdem wird dasselbe durch die grössere oder geringere Härte des Materials bedingt. Nach erfolgter Befestigung der Steindecke soll dieselbe bei festem Material ein Quergefälle von 3—5%, bei mässig festem ein solches von 5—6% besitzen.

Die Steinbahnen werden den örtlichen Verhältnissen entsprechend verschieden hergestellt, und zwar: 1) aus einer Packlage mit Steinschlagdecke; 2) aus einem Unterbau von Grobschlag mit Steinschlagdecke (Macadamisirung); 3) aus Kies (Grand); 4) aus Kiesunterbau mit Steinschlagdecke; 5) aus einem Unterbau mit Eisenschlacken oder Rasenerz mit Steinschlagdecke; 6) aus Pflaster von natürlichen Steinen oder 7) aus hartgebrannten Ziegeln, sogenannten Klinkern.

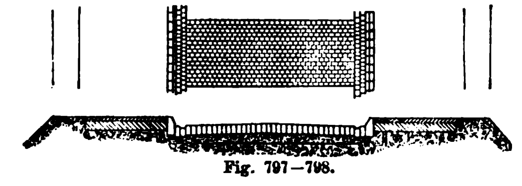
Bei der Versteinung mit **Packlage** unterstützt man die Lagen zerkleinerter Steine, welche die obere Steinbahn bilden, mit einem Grundbau von grösseren Steinen, Packlage genannt (s. Fig. 796). Die

Packlage besteht aus 120 bis 150 mm hohen Steinen, welche hochkantig auf das Planum gesetzt werden, mit der flacheren Seite nach unten. Auf die Packlage bringt man eine oder auch zwei Decklagen aus klein zerschlagenen Steinen, deren Dimensionen 30—40—50 mm betragen sollen; die Stärke der Decklagen ist 90—160 mm. Bei Anwendung zweier Decklagen wird zu der oberen besseres, zu der unteren schlechteres Material verwendet; im letzteren Falle bekommt die untere Lage auch eine grössere Stärke.


Fig. 796.

Fällt die Packlage aus, so nennt man diese Construction, wie bereits oben erwähnt, **Macadamisirung**; an die Stelle der Packlage tritt dann eine Lage Steinschlag, deren Steine häufig ein stärkeres Korn wie die in den oberen Lagen angewendeten Steine haben und meist aus weniger gutem Material hergestellt sind. Die so gebildete Versteinung besteht also aus zwei oder drei Lagen von zusammen 200—250 mm Stärke. Die unter 3, 4 und 5 oben angegebenen Strassendecken werden in solchen Gegenden verwendet, wo Steine schwer zu beschaffen sind, jedoch Rasenerzlager sich finden oder Eisenhütten im Betriebe sind. Die Schlacke darf nicht glasartig sein, sondern sie muss getempert sein. Dieses geschieht, indem man sie in grosse Gruben laufen lässt, mit Schlackengrus umhüllt und so langsam erkalten lässt.

Wege mit grösserem Verkehr pflegen statt mit einer Steinschlagbahn mit Pflaster versehen zu werden. Das **Steinpflaster** besteht aus Bettung und Steinkörper. Erstere muss wasserdurchlässig sein und als sichere Unterlage die Senkung einiger Steine bestimmt verhüten; die Steine müssen möglichst würfelförmig sein, auf der Bettung gut aufstehen, an die nebenstehenden Steine gut anschliessen und aus einem harten Gestein gebildet sein. Die Bettung besteht meist aus feinem Kies, auch wohl aus scharfem Sande oder selten aus feinem Steinschlag; sie soll eine Stärke von 200—500 mm haben und auf vollständig sicherem Untergrunde gelagert sein. Das Material für Pflasterbahnen soll grosse Festigkeit, Zähigkeit und Ausdauer und überdies gute Spaltflächen besitzen, sodass leicht regelmässige Körper aus ihm gebildet werden können, und es ist wünschenswerth, dass seine Oberfläche durch das Befahren nicht zu leicht glatt werde. Letztere unangenehme Eigenschaft hat z. B. der Basalt, welcher sonst mit dem Gabbro zu den vorzüglichsten Pflastermaterialien zählt; ihnen zunächst steht der Grünstein, dann Porphyr, feinkörniger Gneiss und Granit, fester Sandstein (besonders Kohlensandstein) und Grauwacke; Kalkstein findet selten Anwendung.

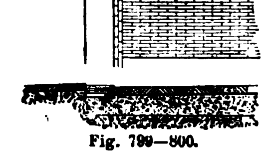

Fig. 797—798.

Die Pflastersteine haben die Form eines Parallepipedums oder die unteren Kanten desselben sind abgeschrägt. Die Dimensionen der Steine sind 100—170 mm Breite, 120—250 mm Länge und 150—200 mm Höhe. Bei Ermittelung des Materialbedarfs rechnet man bei 17 cm hohen Steinen pro qm 0,16—0,18 cbm und bei 21 cm hohen Steinen pro qm 0,21—0,23 cbm je nach Beschaffenheit des Materials. Das Pflaster wird zu beiden Seiten mit Bordsteinen eingefasst, welche meistens aus Sandsteinen, Granit u. dgl. hergestellt werden, oder es werden breite Pflastersteine zur Einfassung verwendet (s. Fig. 797—798).

Nach Festigkeitsprüfungen, welche in der Versuchsanstalt der Elsass-Lothringischen Eisenbahnen zu Strassburg im Jahre 1876 angestellt sind, haben sich folgende Zahlen für die **Festigkeit** verschiedener Strassenbaumaterialien ergeben:

Gesteinsarten	Zahl der Proben	Seitenlänge der Würfel	Festigkeit in kg pro qcm		
			Grenzwerthe		Durchschnitt
		cm			
Sandstein	29	7—10	960	300	590
do.	62	10—13	840	290	490
do.	46	13—15	430	140	330
Kalksteine	20	8—10	990	90	440
Granit	10	9—10	875	480	760
Basaltlava	10	7—10	710	280	440

In Gegenden, wo natürliche Steine zur Herstellung des Pflasters schwer zu beschaffen sind, verwendet man zur Befestigung der Wege hartgebrannte Ziegelsteine von ca. 228 mm Länge, 108 mm Breite und 52 mm Höhe, sog. **Klinker** (s. Fig. 799—800). Die Unterbettung wird wie bei anderem Pflaster gebildet in einer Stärke von 150—200 mm; auch die Borde bildet man, wie oben beschrieben, aus natürlichen Steinen, oder, sofern solche nicht zu beschaffen sind, aus mehreren (meist 5) Klinkern, welche als Läufer in der Strassenrichtung hochkantig gestellt werden. Dieselben werden in den letzten Reihen gegen die Strassenbahn etwas tiefer gestellt und mit Rasenplatten überdeckt, welche die Banketts bilden. Die Klinkerbahnen werden mit einer 6—12 mm dicken Sandschicht versehen, um die Steine vor allzu grosser Abnutzung zu bewahren.


Fig. 799—800.

Soll das Befahren der Strassen kein grosses Geräusch verursachen, so wird die Bahn aus **Holzpflaster** oder **Asphaltbelag** hergestellt. Das Holzpflaster, welches in einigen Städten Anwendung gefunden hat, wird aus Klötzen aus Eichenholz von 150—200 mm Höhe von quadratischem (auch wohl sechs- oder achteckigem) Querschnitt hergestellt, indem man sie so auf Bohlen oder Sand bettet, dass in der Oberfläche nur Hirnholz erscheint. Zweckmässiger als letztere Construction sind die Asphaltbahnen aus comprimirtem natürlichen Asphalt oder aus gegossenem Asphalt. Der natürliche gemahlene Asphalt wird auf einer festen, trockenen (am besten aus Beton von 150—200 mm Stärke gebildeten) Unterlage ausgebreitet und mit heissen Stampfen und geheizten Walzen comprimirt. Die comprimirte Lage hat eine Stärke von 40—60 mm. Der gegossene Asphalt wird für Fahrstrassen selten angewendet, jedoch für Fusswege in vielen Städten ausschliesslich. Er besteht aus gemahlenem natürlichen Asphalt mit einem Zusatz von 2—5% reinen Erdharzes in viereckige Brode geformt. Bei der Verwendung wird er, mit Sand oder besser Kies, auch wohl feinem Steinschlag gemischt, in einem Kessel geschmolzen und in grossen Löffeln aufgetragen und glattgestrichen. Die Stärke der gegossenen Asphaltlage beträgt für Fusswege ca. 20 mm, für Durchfahrten ca. 33 mm, die Stärke der Unterlage (aus fest gestampftem natürlichen Asphalt, Beton oder Ziegelsteinen) beträgt 60—120 mm.

Selten ist die Anwendung von **Eisenpflaster** zur Befestigung der Fahrbahn. Es werden zellenartig durchbrochene Stücke von 1 m Länge, 60 cm Breite und 8 cm Höhe aus Gusseisen hergestellt, welche auf ihrem ganzen Umfange zahnartig ineinander greifen. Die Unterlage wird durch eine Kieslage von 10 bis 20 cm Stärke gebildet. 1 qm Pflaster enthält etwa 150 kg an Eisengewicht.

B. Eisenbahnbau und Betrieb.

1. Bahnbau.*)

1. Bau der freien Strecke.

Bei der **Tracirung** sind zu unterscheiden: Bahnen im Flachlande, im Hügellande und Gebirgsbahnen, die in Bezug auf Steigungen und Krümmungen voneinander abweichen. Die Eisenbahnen (Locomotivbahnen) zerfallen ausserdem noch in Hauptbahnen und Nebenbahnen (Secundärbahnen). Sie unterscheiden sich durch ihre Betriebsmittel und die zulässigen Geschwindigkeiten. Hauptbahnen sind im allgemeinen solche Bahnen, deren Betriebsmittel auf jede andere Bahn übergehen können.

Der **Entwurf** für Hauptbahnen ist so anzuordnen, dass, sobald es erforderlich wird, zwei Geleise angelegt werden können. Das Längengefälle, welches die Hauptbahnen in der Regel nicht überschreiten sollen, beträgt: im flachen Lande 1 : 200 (5‰), im Hügellande 1 : 100 (10‰), im Gebirge 1 : 40 (25‰). Die Gefällwechsel sind zur Gewinnung sanfter Uebergänge mittelst möglichst schlanker Curven von mindestens 2000 m Radius abzurunden. Zwischen Gegengefällen oder Gegensteigungen von 1 : 200 und darüber soll eine horizontale Strecke, womöglich von der Länge eines Güterzuges, eingelegt werden.

Der **Krümmungshalbmesser** der Curven soll bei Bahnen im flachen Lande womöglich nicht unter 1100 m, im Hügellande nicht unter 600 m, bei Gebirgsbahnen nicht unter 300 m betragen; Radien unter 180 m sind unzulässig. Der Uebergang aus der geraden Strecke in die Curve ist durch eine Parabelcurve zu vermitteln. Für Bahnen untergeordneter Bedeutung darf das Längengefälle auf freier Strecke das Verhältniss 1 : 25 (40‰) nicht überschreiten. Die Minimalradien dürfen auf freier Strecke nicht kleiner als 100 m sein.

Die **Spurweite** muss im Lichten 1,435 m betragen. Die Spurweite soll in Curven mit Halbmesser unter 1000 m im Verhältniss zur Abnahme der Länge der Radien angemessen vergrössert werden (nach Winkler ist die Spurerweiterung $= \frac{38000}{R}$ mm). Diese Vergrösserung, welche durch Verschiebung des inneren Schienenstranges ausgeführt wird, darf das Mass von 30 mm selbst bei einem Halbmesser von 180 m nicht übersteigen. Die Ueberhöhung der äusseren Schiene in Curven beträgt $\frac{45000}{R}$ mm.

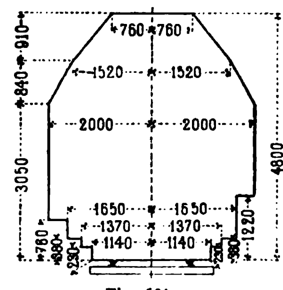


Fig. 801.

Auf der freien Bahn ist das beistehende linksseitige **Normalprofil** des lichten Raumes (s. Fig. 801) mindestens innezuhalten; bei Neubauten ist auf die Spur-Erweiterung und Ueberhöhung in Curven bezüglich der Innehaltung des Normalprofils Rücksicht zu nehmen. Auf

*) Nach den „Technischen Vereinbarungen des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen".

denjenigen Geleisen der Bahnhöfe, auf welchen Züge bewegt werden, ist das rechtsseitige Normalprofil mindestens innezuhalten. Für die durchgehenden Geleise der Bahnhöfe ist die Innehaltung des linksseitig gezeichneten Normalprofils zu empfehlen; für Neubauten ist das Höhenmass der 3. Stufe des Normalprofils von 1,220 m auf 1,120 m zu reduciren. Erhebungen der Zwangsschienen, der Drehscheiben, Verschluss-Vorrichtungen und ähnlicher, jedoch die Bewegung der Locomotiven und Wagen nicht hindernder Gegenstände sind nach Massgabe des Normalprofils bis zur Höhe von 50 mm über Schienenoberkante zulässig.

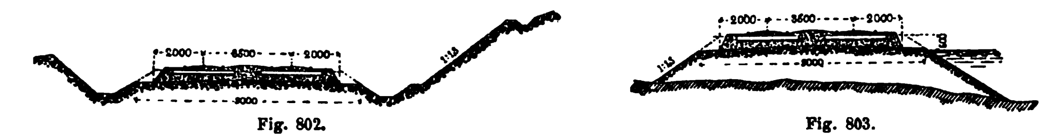


Fig. 802. Fig. 803.

Die Doppelgeleise der freien Bahn sollen von Mitte zu Mitte nicht weniger als 3,5 m voneinander entfernt sein. Treten zu diesen Doppelgeleisen noch weitere Geleise hinzu, so ist die Entfernung von dem alten Geleise auf mindestens 4 m festzusetzen. Bei Erbauung neuer Bahnen wird überhaupt eine Entfernung sämmtlicher Geleise von 4 m empfohlen, conform dem Normalprofil des lichten Raumes.

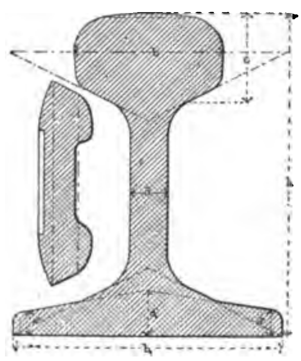


Fig. 804—805.

Die Kronenbreite, in einer durch die Unterkante der Schienen gelegten Linie gemessen, soll vom Durchschnittspunkte der Böschungslinie bis zur Mitte des nächsten Geleises nicht unter 2 m betragen (s. Fig. 802—803). Das Planum ist dergestalt trocken zu legen, dass das tiefste Eindringen des Frostes in die Erde nicht den höchsten Stand des Wassers erreicht. Die Sohle des Bettungs-Materials muss unter allen Umständen eine vollständige Entwässerung nach den Seiten des Planums erhalten, und es ist wünschenswerth, die Aussenbanketts ganz aus durchlässigem Material zu bilden. Das Bettungsmaterial soll sowohl unter den Schwellen als unter den Steinunterlagen wenigstens 200 mm stark sein.

Die **Schienen** sollen aus gewalztem Eisen oder Stahl bestehen und in der Regel in Längen von nicht weniger als 6 m verwendet werden. Der Kopf der Schienen soll bei gewölbter (nach einem Radius = 200 mm) oder gerader Oberfläche nicht weniger als 57 mm breit sein; die Schienen sollen 7000 kg pro Rad mit Sicherheit tragen können. Bezeichnet h (Fig. 804 — 805) die Höhe in mm, b die Kopfbreite, c die Kopfhöhe, b_1 die Fussbreite, δ die Randdicke, δ_1 die ideale Randdicke in der Axe der Schiene, d die Stegdicke, g das Gewicht pro laufenden Meter in kg, D den Druck eines Rades in Tonnen, so ist nach Winkler für:

	h	b	c	b_1	d	δ	δ_1	g
Eisenschienen	$69{,}7\sqrt[3]{D}$	$0{,}46 . h$	$0{,}25 . h$	$0{,}85 . h$	$0{,}113 . h$	$0{,}6 . d$	$1{,}9 . \delta$	$0{,}0022\, h^2$
Stahlschienen	$62{,}7\sqrt[3]{D}$	$0{,}48 . h$	$0{,}21 . h$	$0{,}85 . h$	$0{,}113 . h$	$0{,}6 . d$	$1{,}9 . \delta$	$0{,}00202\, h^2$

Bei den Schienen für Hauptbahnen ist g ca. 36 kg, für Secundärbahnen ca. 25 kg (d. i. $D = 3500$ kg).

Die Schienen sollen mindestens um $1/20$ der Höhe nach innen geneigt sein. An der Innenseite eines Geleises müssen alle Befestigungsmittel, als Stühle, Schrauben, Nägel etc. mindestens 38 mm unter dem höchsten Punkte des Schienenkopfes liegen. Die Stossverbindungen der beiden Schienen eines Geleises in gerader Linie sollen einander normal gegenüber angeordnet werden. In Curven ist das Legen der Schienen mit verwechseltem Stoss zulässig. Die Verbindung der Schienen an den Stössen wird durch eine kräftige Laschenconstruction mit mindestens 4 Schraubenbolzen bewirkt, welche den erforderlichen Spielraum für Temperaturveränderungen gestattet (s. Fig. 806 bis 808).

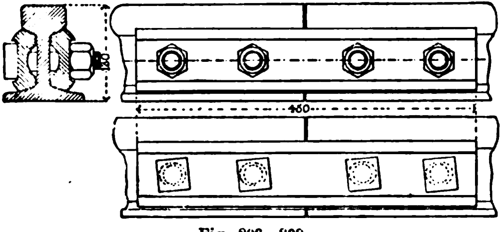


Fig. 806—808.

Als Schienenunterlagen können Holz, Stein und Eisen verwendet werden; zweckmässig ist es, bei hölzernen Querschwellen Unterlagsplättchen von Eisen zu verwenden. Holzschwellen sind durch Imprägniren (mit Zinkchlorid) vor Fäulniss zu schützen. Der in neuerer Zeit vielfach verwendete eiserne Oberbau ist

sehr zu empfehlen, sowohl mit Langschwellen (Systeme: Hilf, Hartwig u. a.) als auch mit Querschwellen (Systeme: Vautherin, Winkler etc.). Fig. 809—810 stellen die Einrichtung des Hilf'schen Oberbaues dar.

Bei **Wegeübergängen** in Geleisen von normaler Spurweite soll der Raum für den Spurkranz 67 mm breit und 38 mm tief sein. Die Niveau-Uebergänge sind mit leicht sichtbaren Barrièren in angemessener Entfernung von dem nächsten Bahngeleise zu versehen.

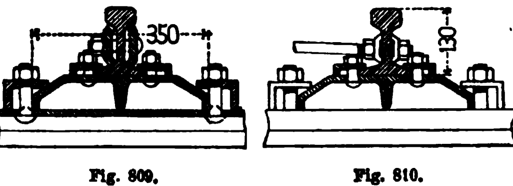


Fig. 809. Fig. 810.

2. Bahnhofsanlagen.

Die **Bahnhöfe** sollen in der Regel eine horizontale Strecke, womöglich von 900 m, mindestens jedoch im Flach- und Hügellande von 550 m, im Gebirge von 180 m erhalten. Im Flachlande und im Hügellande sollen hiervon mindestens 180 m in gerader Linie liegen. Grössere Neigungen als 1 : 400 sollen auf Bahnhöfen nicht vorkommen; jedoch können da, wo sehr lange Züge miteinander kreuzen, die Endweichen auch in grössere Neigungen gelegt werden.

Die geringste Entfernung der Geleise von Mitte zu Mitte auf Bahnhöfen sollte eigentlich 4,5 m betragen. Für Hauptgeleise, zwischen denen Perrons anzulegen sind, ist eine Entfernung von mindestens 6 m von Mitte zu Mitte zu empfehlen; für kleinere Bahnhöfe und Haltestellen ist hierfür als geringstes Mass 5 m zulässig.

Ausweichungen, durch welche ganze Züge fahren, sollen mit Radien von mindestens 180 m angelegt werden. Wünschenswerth ist es, die Endweichen der Bahnhöfe mit Radien von etwa 300 m zu construiren; zwischen den beiden Gegenkrümmungen eines Verbindungsgeleises soll eine gerade Linie von mindestens 6 m liegen. Eine zweckmässige Weichenconstruction mit beweglichen, gleich langen und unterschlagenden Zungen ist in Fig. 811 dargestellt. Dieselbe ist eine einfache Ausweichung nach links in einer Neigung = 1 : 10. *A* ist ein aus Hartguss hergestelltes Herzstück, *B* sind Zwangsschienen, *C* die beiden beweglichen Weichenzungen und bei *D* ist der Weichenbock befindlich. Die Spitzen der Zungen sollen mindestens 100 mm, im übrigen soweit aufschlagen, dass an keiner Stelle ein Anstreifen der Räder an der Zunge stattfinden kann.

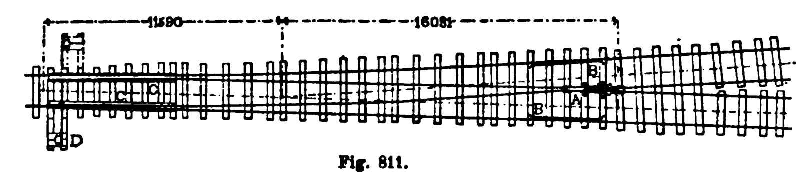


Fig. 811.

Englische Weichen sind vielfach in neuerer Zeit zur Anwendung gekommen. Eine sehr gebräuchliche Anordnung ist in Fig. 812 dargestellt für einen Kreuzungswinkel 5° 25′ (Neigung 1 : 10,546). Die ganze Weiche wird hier von einem Weichenbock *A* aus gestellt. *B* sind Hartgusskreuzungsstücke und *C* die hier vorhandenen 8 beweglichen Zungen. *D* sind 2 kurze bewegliche Zungen, welche mittelst eines besonderen Weichenbockes *E* verstellt werden. Es empfiehlt sich bei englischen Weichen den Kreuzungswinkel möglichst stumpf, jedenfalls die Neigung nicht kleiner als 1 : 10 zu machen, ferner die Herzstückspitze bis in den mathematischen Durchschnittspunkt fortzuführen und bei dem Kreuzungsstück die innere Flügelschiene bis zu 50 mm über Schienenoberkante zu erhöhen.

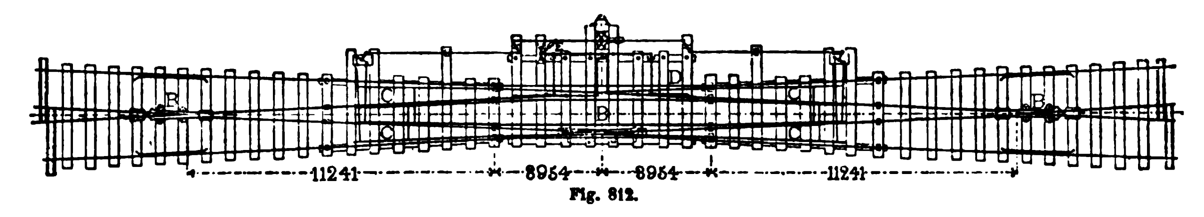


Fig. 812.

Auf allen Locomotiv-Stationen ist mindestens eine **Drehscheibe** nothwendig; dieselbe muss einen Durchmesser von mindestens 12 m besitzen, damit Locomotive und Tender darauf gedreht werden können. In den Fig. 813—817 ist eine Locomotiv-Drehscheibe von 12 m Durchmesser dargestellt, wie sie vielfach bei der Hannoverschen Staatsbahn ausgeführt worden ist. Dieselbe ist ganz aus Schmiedeeisen construirt und besteht aus 2 nach den Enden abgeschrägten Hauptträgern *A*, zwischen welche sich 6 Querträger *B* setzen, sämmtlich doppel-T-förmig. Die Endträger B_1 sind aus starkem ⊏-Eisen gebildet. Die Drehscheibe wird in der Mitte durch einen Stahlzapfen, welcher sich in dem sog. Königsstuhl *C* befindet, und durch 4 am Umfange befindliche Laufräder *D* unterstützt. Die Drehscheibe wird bewegt, indem

man mittelst eines Windewerkes *E* zwei kleine Getriebe *F* und damit durch 2 Kegelräder *G* zwei Laufräder in Umdrehung versetzt. Der Hebel *H* bewirkt durch den Riegel *J* die Feststellung der Drehscheibe in der jedesmaligen Lage. Ausserdem sind bei den meisten Constructionen noch Vorrichtungen angebracht, um die Laufräder beim Befahren zu entlasten.

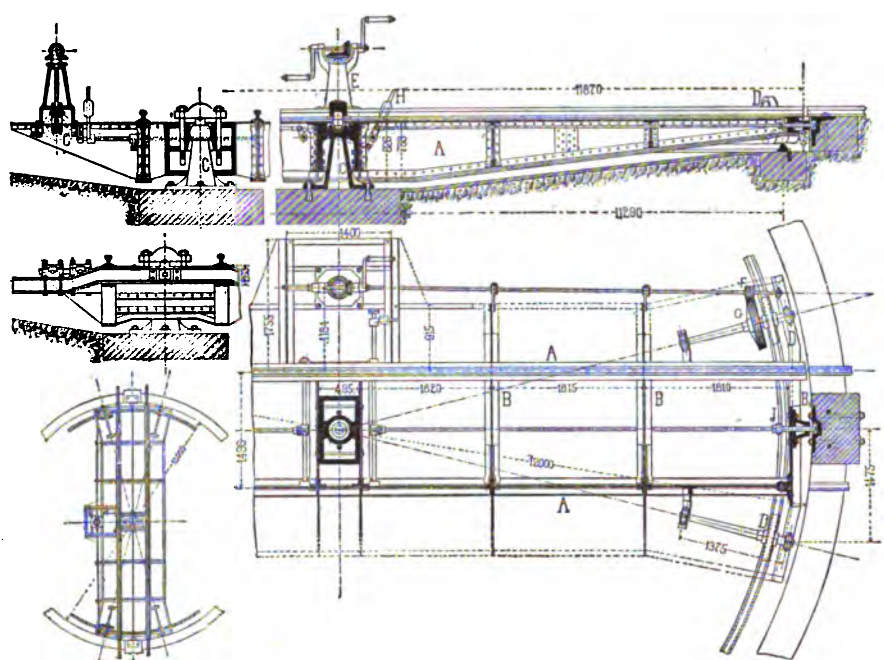


Fig. 813—817.

Eine Drehscheibe für Wagen bis zu 15000 kg Gewicht ist in den Fig. 818—820 gezeichnet. Die höchst einfache Construction ist sehr empfehlenswerth. Die Hauptträger *A*, die Querträger *B* und die Kopfträger B_1 sind sämmtlich doppel-T-förmig. *C* sind Diagonalen, um eine Querversteifung zu bewirken. Die Unterstützung der Drehscheibe findet auch durch 4 Laufräder *D* und einen Mittelzapfen *E* statt. Die Drehung der Scheibe wird hervorgebracht, indem in die Hülsen *F* Bäume gesteckt werden, gegen welche sich eine genügende Anzahl Arbeiter stemmen. Die Verschlussvorrichtung *G* besteht aus einer einfachen Klinke.

Schiebebühnen für Locomotiven sollen aus Schmiedeeisen oder Stahl construirt sein; für Wagen sind auch wohl hölzerne Schiebebühnen zulässig. Die Gruben dürfen nicht über 500 mm tief sein. Die Schiebebühnen werden mit versenkten und mit unversenkten Geleisen construirt, und zwar sind erstere in durchgehenden Hauptgeleisen unzulässig.

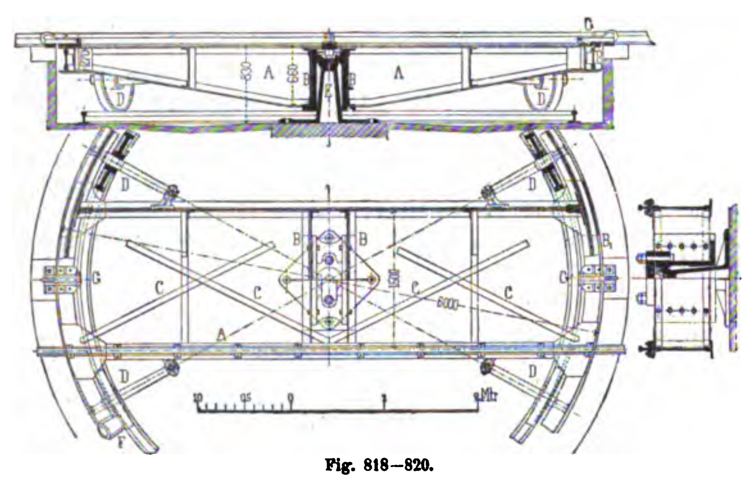


Fig. 818—820.

Fig. 821—823 zeigen eine Locomotiv-Schiebebühne mit versenktem Geleise von ca. 6 m Länge. Dieselbe ist aus gewalzten Doppel-T-Trägern construirt, sowohl die Hauptträger *A* wie die Querträger *B*. Die Querträger *B*, welche die Last auf die 6 Laufrollen *C* zu übertragen haben, sind je aus einem Stück gebildet und gehen durch, während die Träger *A* jeder aus 3 Theilen bestehen. Die Bewegung der Bühne erfolgt durch das Windewerk *D*, welches mit veränderlicher Uebersetzung ausgestattet ist, um die Bühne damit im beladenen und im unbeladenen Zustande bewegen zu können.

Eine Schiebebühne mit unversenktem Geleise ist in Fig. 825 im Grundriss, in Fig. 824 in der Längenansicht und in Fig. 826 in der Seitenansicht dargestellt. Die Längsträger *A* sind wegen der beschränkten Höhe aus 4 gewalzten Doppel-T-Trägern von 119 mm Höhe gebildet. Die Querverbindung wird vermittelt durch starke Flacheisen *C*, auf welche sich besonders ausgebildete Stücke *B* aus Gusseisen setzen, in welchen die Lager für die hier vorhandenen 16 Laufrollen angebracht sind. Die Eisenbahnfahrzeuge werden über die gewöhnlich aufstehenden Zungen *E* auf die Bühne gefahren und werden dort durch flache Schienen *D* unterstützt, welche sich zwischen je 2 Längsträgern *A* befinden. Das Windewerk zum Bewegen der Schiebebühne befindet sich bei *F*; die Kraft wird von dort durch die schräg liegende Welle *G* mittelst Kegelräder auf die horizontale Welle *H* und somit auf 4 Laufrollen übertragen.

Für die Verladung schwerer Gegenstände sind feste oder transportable **Krahne** zu empfehlen; die Krahne sind mit der zulässigen Maximalbelastung zu bezeichnen und periodisch zu revidiren. Auf jedem Haupt- und Endbahnhofe, sowie auf jedem wichtigeren Zwischenbahnhofe sind Brückenwaagen anzulegen, auf welchen sowohl Eisenbahnwagen als auch Frachtfuhrwerke gewogen werden können.

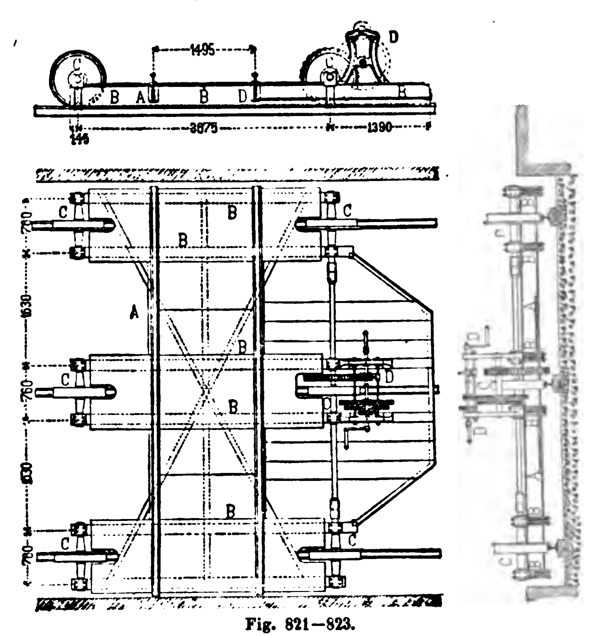


Fig. 821—823.

Wasserstationen sind in entsprechenden Entfernungen anzulegen und ist hierbei reichliche und sichere Versorgung der Locomotiven mit gutem Speisewasser vorzusehen. Das Wasser wird den Tendern mittelst Röhren von mindestens 150 mm lichtem Durchmesser zugeführt und zwar durch sog. **Wasserkrahne.** Die in kurzer Zeit pro Locomotive zu liefernde Wassermenge ist sehr beträchtlich; dieselbe beträgt nach Goschler:

für Schnellzug-Locomot.	pro km:	58— 66	kg;
	pro Stunde:	3300—4000	„
Gemischte Zug-Locomot.	pro km:	75— 90	„
	pro Stunde:	3000—3600	„
Güterzug-Locomotiven	pro km:	108 — 144	„
	pro Stunde:	2700—3600	„

Die Wasserkrahne werden zweckmässig als freistehende construirt (s. Fig. 827) und befinden sich dann gewöhnlich zwischen 2 Geleisen. Bei dem in Fig. 827 dargestellten Wasserkrahne wird das Wasser durch eine Rohrleitung R zugeführt, in welche man zur Verminderung von Stössen einen Windkessel W eingeschaltet hat. Soll der Wasserkrahn gebraucht werden, so dreht man mit der Kette den Ausguss A über das Geleise. Es dreht sich dabei das Rohr R_1

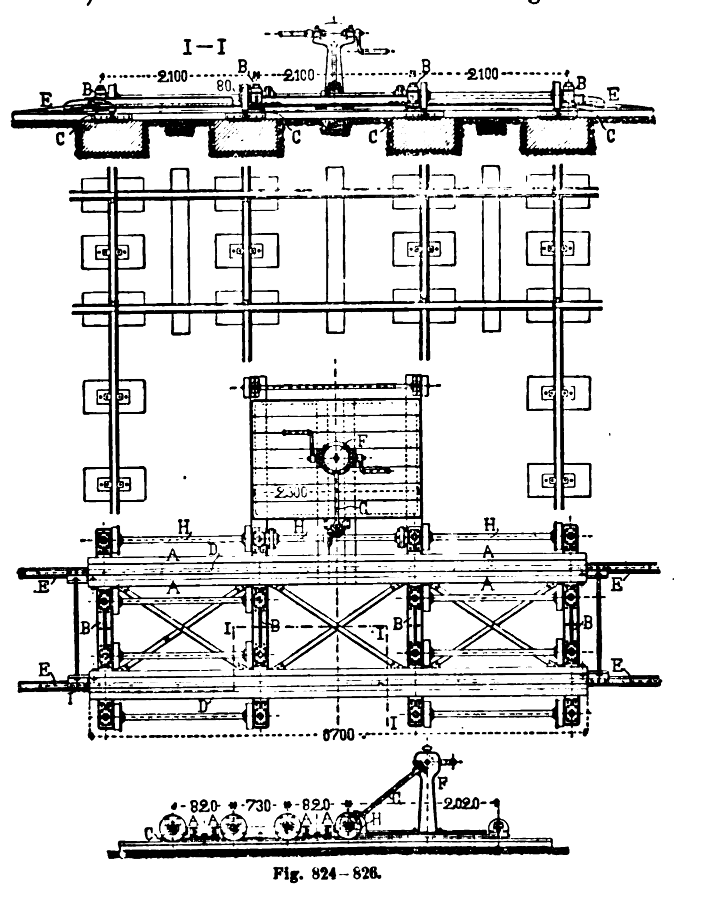


Fig. 824—826.

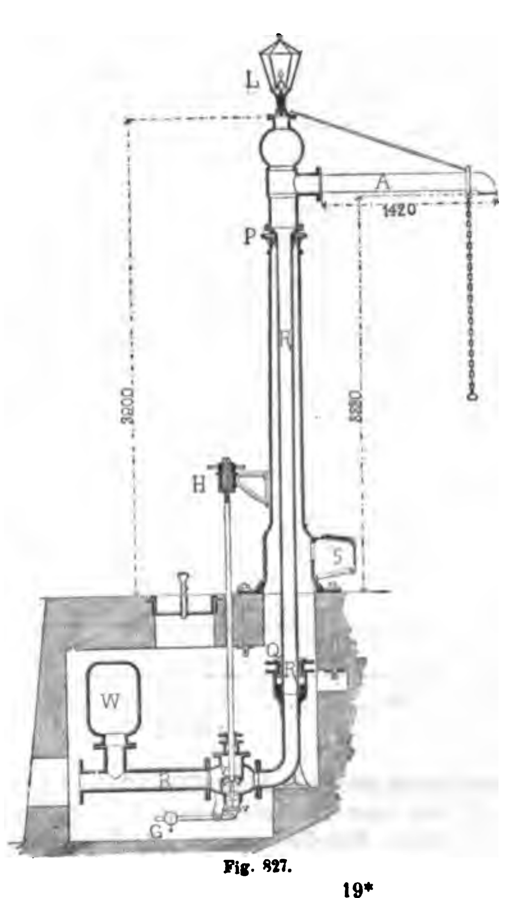


Fig. 827.

mit dem Ausguss in der oberen Führung P und der Stopfbüchse Q; die sich mit drehende Laterne L giebt die Stellung des Krahnes bei Nacht an. (Richtiger sitzt die Laterne vorn auf dem Ausleger.) Soll Wasser genommen werden, so öffnet man durch Drehen des Handrades H das Ventil V, das Wasser steigt in R_1 in die Höhe und fliesst durch den Ausleger A aus. Nach dem Gebrauche des Krahnes wird zunächst das Ventil V geschlossen; es öffnet sich dabei, wie aus der Figur ersichtlich, das Ventil v und gewährt dadurch dem in der Krahnsäule stehen gebliebenen Wasser einen Abfluss. Wird beim Gebrauche V geöffnet, so wird v durch das Gewicht G geschlossen.

Im **Locomotivschuppen** soll für jede Locomotive soviel Raum vorhanden sein, dass man bequem an allen Seiten daran arbeiten kann. Grosse, bis nahe auf den Fussboden reichende Fenster sind zweckmässig; zwischen den Schienen sind durch unterirdische Canäle zu entwässernde Arbeitsgruben von 700 bis 850 mm Tiefe mit Stufen erforderlich. Die Ausfahrtsthore sollen mindestens 4,8 m Höhe und 3,35 m Breite haben.

Für **Wagenschuppen** ist ausser Obigem zu bemerken, dass sie so angeordnet sein müssen, dass das Ordnen und Vervollständigen eines Zuges mit den in demselben aufgestellten Wagen leicht und schnell erfolgen kann. Die Entfernung der Geleise soll nicht unter 4,4 m betragen. Sämmtliche Schuppen, sowohl Locomotiv- als auch Wagenschuppen, sind mit Wasserleitungen und Heizeinrichtungen zu versehen.

An jedem Hauptknotenpunkte eines Bahnnetzes sind **Central-Reparatur-Werkstätten** einzurichten, und zwar von solchem Umfange, dass sämmtliche Reparaturen an den Fahrbetriebsmitteln stets vollständig und schnell ausgeführt werden können. Bei neuen Anlagen ist eine spätere Ausdehnung der Werkstätten vorzusehen. Die Grösse sämmtlicher bedeckten Arbeitsräume ist für einen Reparaturstand von 25% der Locomotiven, 8% der Personenwagen und 3% der Güterwagen einzurichten; ausserdem sollen noch 5% der sämmtlichen Wagen auf den Geleisen innerhalb der Werkstätten-Einfriedigung aufgestellt werden können.

2. Betriebsmittel.

1. Locomotiven.

Die **Locomotiven** werden, je nach der Art der Dienstleistung, eingetheilt in Zugmaschinen und in Rangirmaschinen, je nachdem sie zum Dienst auf freier Strecke verwendet werden oder zum Rangirdienst auf Bahnhöfen. Erstere werden wiederum eingetheilt in Locomotiven für Flachland- und Hügelland-Bahnen und für Gebirgsbahnen. Die Locomotiven für Flachland- und Hügelland-Bahnen sind je nach der Dienstleistung in Maschinen für Schnell- und Personenzüge, für gemischte Züge und für Güterzüge einzutheilen. Die hauptsächlichsten Typen von Locomotiven sind in Fig. 828—831 dargestellt. 1) **Schnell-**

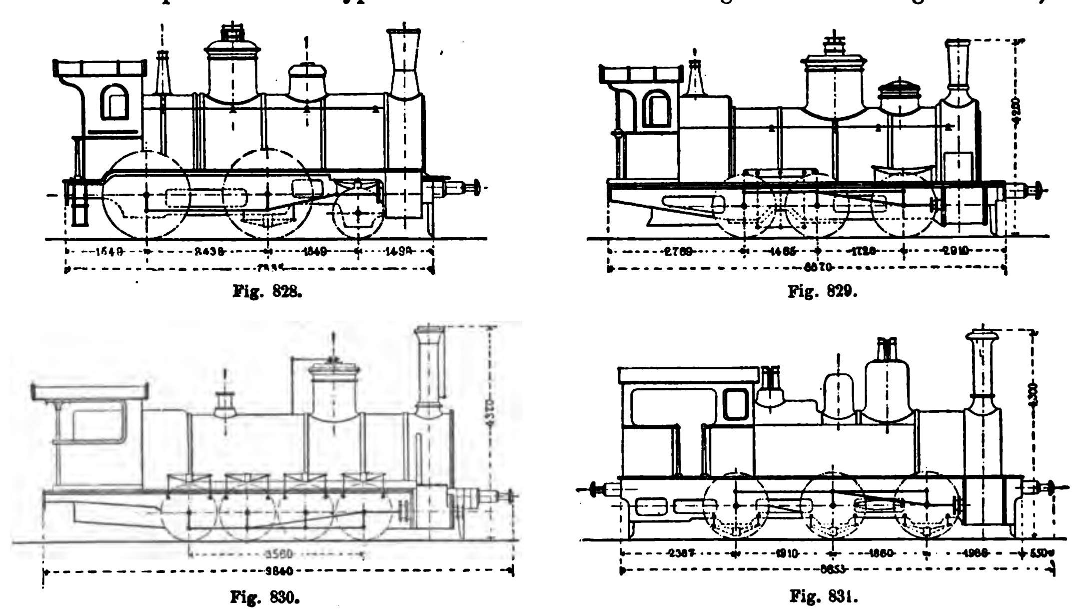


Fig. 828. Fig. 829. Fig. 830. Fig. 831.

und Personenzugmaschine (Fig. 828). Es sind zwei gekuppelte (Trieb-)Achsen vorhanden (bei ersterer auch wohl nur eine Triebachse) und 1 Laufachse; die hintere Triebachse kann sowohl unter der Feuerkiste als auch hinter derselben liegen. 2) **Güterzugmaschine** (Fig. 829), auch Locomotive für gemischten Dienst. Dieselbe besitzt nur gekuppelte Achsen (letztere auch wohl eine Laufachse), um das ganze Ge-

wicht der Locomotive zur Adhäsion nutzbar zu machen. 3) **Berglocomotive** (Fig. 830). Das Gewicht derselben wird durch die vier gekuppelten Achsen vollständig zur Adhäsion verwendet; die Maschine ist mit besonderen Einrichtungen versehen, um Curven von kleinem Radius durchfahren zu können. 4) **Tenderlocomotive** (Fig. 831). Die Art von Locomotiven führt ihren Wasser- und Kohlenvorrath für nicht zu grosse Strecken mit sich in Gefässen, die auf den Maschinen selbst angebracht sind. Man wurde zu der Construction der Tenderlocomotiven geführt, indem man das todte Gewicht des Tenders beseitigen wollte. Man verwendet sie meistens zum Rangirdienst.

Tabelle über die Hauptdimensionen, Gewichte und Fahrgeschwindigkeiten der Locomotiven.

Locomotiven für	Cylinder-Durchmesser	Hub	Triebräder		Radstand	Durchmesser des Laufrades	Heizfläche		Rostfläche	Gewicht		Mittlere Fahrgeschwindigkeit
			Anzahl	Durchmesser			direct	indirect		leer	im Dienst	
	mm	mm		mm	mm	mm	qm	qm	qm	kg	kg	km pro St.
Schnell- und Personenzüge	400 bis 440	500 bis 600	4	1800 bis 2400	4200 bis 4600	1000 bis 1025	5,5 bis 8,0	70 bis 110	0,95 bis 1,75	22500 bis 32000	25000 bis 36000	60—90
Gemischte Züge . . .	400 bis 460	500 bis 600	4	1200 bis 1500	2500 bis 4600	950 bis 1100	6—8	80 bis 110	1,0 bis 1,8	22500 bis 32000	25000 bis 36000	30—50
Güterzüge	400 bis 500	600 bis 660	6—8	1000 bis 1400	3000 bis 4400	940 bis 1100	6—9	80 bis 120	1,1—2	26250 bis 35000	30000 bis 41000	15—35
Gebirgsbahnen	460 bis 500	610 bis 680	8	1060 bis 1300	3100 bis 4100	—	7—10	100 bis 200	1,3—2	32500 bis 41250	37500 bis 47500	12—18
Rangirdienst	200 bis 400	500 bis 600	4	900 bis 1400	2400 bis 2600	900 bis 1050	4,5—8	42—90	0,7 bis 1,1	17500 bis 32500	21500 bis 42500	—

Zugkraft. Der Widerstand eines Zuges in kg ist nach der von Clark aufgestellten, von Grove verbesserten Formel: $Z = T_1 \left(2{,}25 + \frac{V^2}{80} \pm 1000 \,.\, i\right)$ für günstige Verhältnisse: gut unterhaltene Wagen und Bahn, Curven mit grossen Radien und schwachem Wind; dagegen bei ungünstigen Verhältnissen: $Z = T_1 \left(4{,}0 + \frac{V^2}{50} \pm 1000 \,.\, i\right)$. Hierin ist T_1 das ganze Zuggewicht incl. Tender und Maschine in Tonnen, also $T_1 = Q + q + L$, wenn Q das Gewicht der Wagen incl. Belastung, q das Gewicht des Tenders und L das Gewicht der Locomotive allein bezeichnet. Ferner ist V die Fahrgeschwindigkeit in m pro Secunde und $i = \sin \alpha$ das Steigungsverhältniss der Bahn. Das Zeichen $+$ gilt für die Bergfahrt und $-$ für die Thalfahrt ohne Gebrauch der Bremse.

Der am Umfang der Triebräder vorhandene mittlere Werth der Zugkraft, vorausgesetzt dass kein Gleiten stattfindet, ist: $Z_m = g \,.\, p_m \,.\, d^2 \,.\, \frac{l}{D}$. Darin bezeichnet d den Cylinderdurchmesser, l den Kolbenhub, D den Triebraddurchmesser, p_m den effectiven Dampfdruck auf den Kolben und g einen Coefficienten, welcher den Verlust an Dampfdruck durch die Reibung der Maschinentheile berücksichtigt. Der Werth g ist dabei nach folgender Tabelle zu nehmen:

$\frac{l_1}{l}$	0,7 oder mehr	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
g	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,72	0,62

Nach Grove ist p_m nach folgender Tabelle zu nehmen, wenn $\frac{l_1}{l}$ das Expansionsverhältniss und p den Dampfdruck im Schieberkasten bezeichnet:

	$\frac{l_1}{l}$	$\frac{p_m}{p}$
Schnellzug-Maschinen	0,25	0,45
Personenzug- „	0,30	0,50
Güterzug- „	0,40	0,60
Gebirgs- „	0,50	0,70

Die Dampfspannung im Schieberkasten kann dabei für Schnellzug-Locomotiven um etwa 10% geringer angenommen werden als im Kessel, während man dieselbe für langsam fahrende Güterzug-Locomotiven gleich der Kesselspannung annehmen darf.

Setzt man in der obigen Formel für $Z_m \, g \,.\, p_m = p_1$, so bekommt dieselbe folgende Gestalt: $Z = p_1 \,.\, d^2 \,.\, \frac{l}{D}$.

Schaltenbrand hat diesen Ausdruck für die Unterscheidung der Locomotivgattungen genommen. Indem er dabei $p_1 . d^2 = \varphi$ und $\frac{l}{D} = \lambda$ setzt, theilt er dieselben, unter der Voraussetzung, dass die Locomotiven ersten Ranges sind, wie folgt ein:

	λ	$\lambda . \varphi$
Schnellzug-Locomotiven	< 0,33	35—60
Personenzug- „	< 0,40	50—60
Locomotiven für gemischten Dienst .	< 0,40	60—100
Güter-Locomotiven	> 0,40—0,60	> 65—100
Last- „	> 0,50	> 100
Schnell-Tender-Locomotiven	< 0,40	50—60
Zug-Locomotiven	> 0,40—0,45	60—80
Rangir- „	> 0,45	> 80

Alle in der Tabelle enthaltenen Locomotiven, wenn sie besonders dazu construirt sind, eine grössere Adhäsion zu erzielen oder Curven unter 100 m Radius zu durchfahren, erhalten (nach Schaltenbrand) die Bezeichnung „Berg-Locomotive“ und wird das Wort Berg dem Namen vorgesetzt.

Die **Breite der Locomotiven** darf in den mittleren Theilen, von 0,5 m bis 3,5 m über Schienenoberkante gerechnet, an keiner Stelle mehr als 3,15 m betragen; im übrigen müssen sämmtliche Abmessungen der tiefer liegenden Theile einen seitlichen Spielraum von mindestens 50 mm und alle höher liegenden Theile einen solchen von 150 mm gegen das Normalprofil des lichten Raumes gewähren. In verticaler Richtung dürfen die tiefsten Punkte nicht weniger als 130 mm und die höchsten Punkte der Schornsteine nicht mehr als 4,570 m über Schienenoberkante vorstehen.

Locomotivkessel. Der Durchmesser variirt zwischen 1 m bis 1,4 m bei einer Länge von 3,5 m bis 5 m. Die Walzrichtung der Bleche soll rechtwinkelig zu der Kesselaxe stehen; die parallel zur Kesselaxe laufenden Nähte und meist auch die Quernähte, erhalten eine doppelte Nietung, doch legt man in den tiefsten Punkt des Kessels zweckmässig möglichst wenig Nieten. Die Dampfspannung der Kessel beträgt 8—12 Atmosphären Ueberdruck.

G. Meyer empfiehlt folgende Dimensionen: „Die Länge der Feuerbüchse beträgt im Mittel etwa 1000—1800 mm und die Breite 950—1350 mm, die Höhe der Decke über dem Roste im Mittel 1250 mm. Die Stärke der kupfernen Rohrwand ist etwa zu 26 mm und die Stärke der übrigen Wände der Feuerkiste zu 16 mm anzunehmen. Der Abstand der Stehbolzen voneinander ist im Mittel zu 105 mm anzunehmen. Kupferne Stehbolzen, deren Stärke etwa 25 mm ist, haben sich bis jetzt am besten bewährt, dagegen scheinen eiserne oder stählerne Stehbolzen sich nur bei gutem Speisewasser und vorzüglichem Brennmaterial zu empfehlen. Der lichte Abstand zwischen der Decke und dem äusseren Feuerbüchsmantel beträgt bei nicht überhöhtem Feuerkasten 460 mm für Kessel mit Sammelrohr, 420 mm für Kessel mit Dom auf dem Langkessel, 380 mm für Kessel mit Dom über der Feuerkiste. Die Zahl der Sideröhren variirt von 150—240, der äussere Durchmesser derselben von 40—53 mm, gewöhnlich 46 bis 52 mm und die Wandstärke derselben beträgt 2—3 mm; dabei ist aber der Durchmesser der Sideröhren bei Steinkohlenfeuerung so zu wählen, dass der lichte Gesammtquerschnitt der Röhren sich zur Heizfläche wie 1 : 350 verhält. Die Stärke der Rohrwand zwischen den Sideröhren sei bei 100—150 Röhren 16 mm, bei 150—200 Röhren 20 mm und über 200 Röhren 23 mm.“

„Die freie Rostfläche ist zu $^1/_4$—$^1/_5$ der totalen Rostfläche anzunehmen. Die lichte Weite zwischen den Roststäben ist zu nehmen: für Steinkohlen zu 6—10 mm, Coaks zu 6—8 mm, Holz zu 5 mm, Braunkohle zu 10 mm, Torf zu 15 mm.“

Schornstein und Blasrohr. Nach Grove ist für cylindrische Schornsteine: $\frac{f_s}{f_r} = 0{,}5$ und $\frac{f_r}{f_b} = 33$, für konische Schornsteine: $\frac{f_s}{f_r} = {^1/_3}$, $\frac{f_r}{f_b} = 19$ bei Coaksfeuerung, 26 bei Steinkohlenfeuerung und der grösste Schornsteinquerschnitt erhält einen 1,6 mal grösseren Durchmesser als der kleinste. Dabei ist f_r der Querschnitt der Siederöhren, f_s der kleinste Schornsteinquerschnitt und f_b der Blasrohrquerschnitt. Die Entfernung x der engsten Schornsteinstelle (bei konischen Schornsteinen) von der Blasrohrmündung ist nach Grove: $x = 5\,(1{,}1\,d_s - 2\,d_b)$ bei Coaksfeuer und $x = 5\,(d_s - 2\,d_b)$ bei Steinkohlenfeuer, wenn d_s den engsten Schornsteindurchmesser und d_b den Durchmesser der Mündung des Blasrohres bezeichnet. Das Blasrohr besitzt eine vorn scharfe Mündung und hat gewöhnlich eine Konicität $= {^1/_7} - {^1/_{10}}$.

Der Locomotivkessel ist mit 2 Sicherheitsventilen von 80—100 mm Durchmesser und verticaler Bewegung von 3 mm, mit Manometer, Wasserstandszeiger und 3 Probirhähnen, mit Dampfpfeife und mit Aschenkasten mit beweglicher Klappe zu versehen. Ausserdem sind wenigstens zwei voneinander unabhängige Speiseapparate anzubringen, einer unabhängig von der Bewegung der Maschine.

Treibapparat der Locomotive. Ist Z_{max} die maximale Zugkraft excl. Maschinenreibung und besitzen die anderen Buchstaben die obige Bedeutung, so ist: $d = \sqrt{\frac{Z_{max} . D}{g . p_m . l}}$ der Cylinderdurchmesser. Der Hub des Kolbens ist nach Grove: $l = 0{,}86\text{ m} - 0{,}17 . D$.

Die Grösse des Einströmungscanals ist $\frac{1}{20} \cdot \frac{d^2\pi}{4}$ bei Canalschiebern und $\frac{1}{15} \cdot \frac{d^2\pi}{4}$ bei gewöhnlichen Schiebern. Die Breite des Canals wird 6 mm grösser gemacht als die grösste Oeffnung des Schiebers und die Länge ca. 50 — 80 mm geringer gemacht als der Cylinderdurchmesser. Die Schieber sind continuirlich zu schmieren; die Schmierung der Kolben soll erst bei der Absperrung des Dampfes stattfinden. Die Kolben sind zweckmässig aus Schmiedeeisen herzustellen mit selbstspannenden gusseisernen Dichtungsringen. Die Schieber werden meist aus Gusseisen hergestellt, selten aus Rothguss.

Die **Locomotivsteuerungen** sind Coulissensteuerungen und zwar verwendet man meistens die von Stephenson, Gooch, Allan und Heusinger von Waldegg (Walschaert). Mittelwerthe für die Hauptdimensionen sind folgende: Excentricität 50 — 80 mm, äussere Schieberdeckung 15 — 30 mm, innere Schieberdeckung 0—10 mm, Voreilungswinkel 10—35°.

Nach Grove ist der Triebraddurchmesser zu nehmen: $D = 0{,}95 \text{ m} + 0{,}04\, V$, wobei V die Fahrgeschwindigkeit in m ist; Laufraddurchmesser 0,9 m — 1,35 m. Achsendurchmesser in der Nabe resp. bei innenliegenden Schenkeln der Schenkeldurchmesser:

	Sechsräderige Locomotiven	Vierräderige Locomotiven
Eiserne Achsen . . .	$d = 1{,}7213 \sqrt[3]{Q \cdot D}$	$d = 1{,}9703 \sqrt[3]{Q \cdot D}$
Gusstahlachsen	$d = \frac{11}{12} \cdot 1{,}7213 \sqrt[3]{Q \cdot D}$	$d = \frac{11}{12} \cdot 1{,}9703 \sqrt[3]{Q \cdot D}$

Dabei ist d der Naben- resp. Schenkeldurchmesser in mm, Q das Bruttogewicht der Maschine in Zoll-Centnern und D der Raddurchmesser in mm. Für gekuppelte Achsen ist d um $\frac{1}{10}$ grösser zu nehmen.

2. Tender.

Die Höhe des Wasserbehälters über den Schienen kann bis 2,750 m betragen, die Breite bis 3,050 m. Die Tender bekommen entweder 4 oder 6 Räder, der Wasserbehälter muss 8 — 10 cbm Wasser fassen; ausserdem muss ein Raum vorhanden sein für 3000—4000 kg Kohlen und hinten ein Werkzeugkasten. Ein mit Wasser und Kohlen voll beladener Tender wiegt 20000—25000 kg.

Die Tender müssen mit kräftigen Bremsen versehen sein.

3. Wagen.

Die Eisenbahnwagen werden nach dem Gebrauche und der Form eingetheilt in: Personenwagen, Post- und Gepäckwagen, offene und bedeckte Viehwagen, offene und bedeckte Güterwagen, Wagen für Bahnbau und Bahnunterhaltung. Nach der Zahl der Achsen werden sie eingetheilt in 4-, 6- und 8räderige Wagen, ferner in Wagen mit und ohne Bremse, sowie nach der Tragfähigkeit, welche von 80—400 Ctr. variirt, je nachdem der Wagen 2, 3 oder 4 Achsen besitzt.

Die Personen- und Gepäckwagen dürfen höchstens folgende Breite haben: In den Tritten und allen vorspringenden festen Theilen von 0,5 m über Schienenoberkante aufwärts nicht mehr als 3,15 m. Zwischen den äusseren Kastenwänden, sofern die Wagen Thüren an den Längsseiten haben, welche nicht nischenartig eingebaut sind, nicht mehr als 2,62 m. Sind keine oder nur nischenartig eingebaute Thüren an den Längsseiten angebracht, so ist die Breite zwischen den äusseren Kastenwänden bis 2,900 m und sofern weiter vorspringende Theile vermieden und die beweglichen Fenster an den Längsseiten so eingerichtet sind, dass ein Hinausstecken des Kopfes nicht möglich ist, bis höchstens 3,150 m zulässig.

Güterwagen dürfen, mit Einschluss der Schiebethüren, Tritte und vorspringenden Theile bis zur Höhe von 1,3 m über den Schienen, im belasteten Zustande gemessen, die Breite von 2,9 m nicht überschreiten; im übrigen müssen sämmtliche Abmessungen der unteren Theile gegen das Normalprofil des lichten Raumes einen Spielraum von 50 mm gewähren. In grösserer Höhe als 1,3 m dürfen die vorspringenden Theile die Breite von 3 m nicht überschreiten. Der Radstand der Güterwagen variirt gewöhnlich zwischen 2,5—4 m.

Die Federn der Eisenbahnwagen bestehen sowohl aus Stahl als auch aus Gummi. Die Bremsen, deren Kurbeln beim Festbremsen stets nach rechts gedreht werden, müssen so beschaffen sein, dass bei beladenen Wagen entweder die Achsen festgestellt werden können oder eine dem gleichkommende Wirkung erzielt werden kann. Die horizontale Entfernung von Buffermitte zu Buffermitte muss 1,75 m betragen, die normale Höhe des Mittelpunktes der Buffer über den Schienen wird auf 1,04 m festgesetzt; dabei ist ein Spielraum von 25 mm über dieser Höhe und von 100 mm bei vollbeladenen Wagen unter derselben gestattet.

Die Kuppelung geschieht bei Personen-, Post- und Gepäckwagen immer mit **Schraubenkuppelungen,** auch für Güterwagen zum Theil; jedes Wagenende muss mit einer Kuppelvorrichtung versehen sein. Eine Schraubenkuppelung ist in Fig. 832—834 dargestellt, und ist dazu nur zu bemerken, dass sämmtliche auf die absolute Festigkeit in Anspruch genommenen Theile aus weichem zähen Gusstahl (Tiegel-, Bessemer- oder Martinstahl) bestehen.

Die **Räder für Locomotiven, Tender** und **Wagen** sind am besten aus Schmiedeeisen oder Stahl zu construiren; für die Naben ist Gusseisen zulässig. Güterwagen ohne Bremse können bei sorgfältiger Revision mit Schalengussrädern versehen werden. In Preussen ist für Güterwagen beistehendes Profil der Radreifen vorgeschrieben (Fig. 835); die Breite der Radreifen soll bei Locomotiven und Tendern nicht unter 130 mm und nicht über 150 mm, bei Wagen von 130 mm bis 145 mm betragen. Sämmtliche Räder sind mit Spurkränzen zu versehen, deren Dimensionen nicht kleiner als 28 mm und nicht grösser als 35 mm sein dürfen. Der lichte Abstand zwischen den Rädern (innere lichte Entfernung zwischen den beiden Radreifen) soll im normalen Zustande 1,360 m betragen.

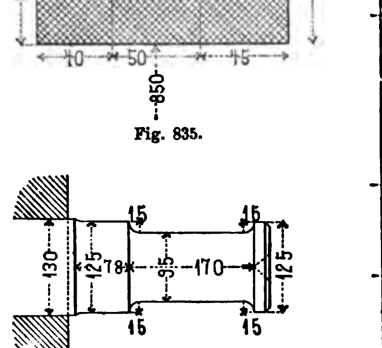


Fig. 835.

Fig. 836.

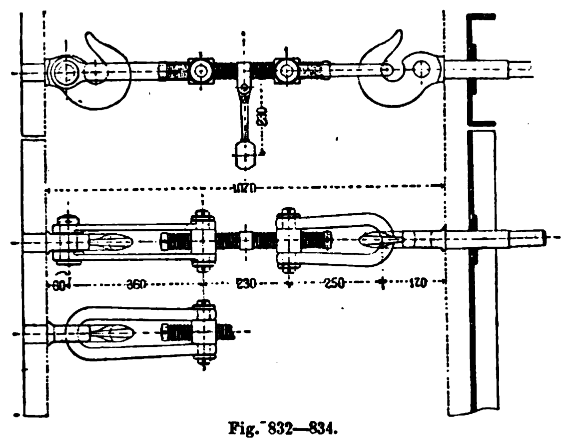


Fig. 832—834.

Achsen von bestem Eisen können bei einem Durchmesser in der Nabe von 100 mm mit 3750 kg, 115 mm mit 5500 kg, 130 mm mit 7500 kg belastet werden, bei Anwendung von Gusstahl noch 20% höher. Personenwagenachsen erhalten im Minimum 115 mm Stärke. Die Stärke der Achsschenkel ist bei einer Maximalbelastung pro Achse von 3750 kg 65 mm, von 5500 kg 75 mm, 7500 kg 85 mm; dabei ist die Schenkellänge gleich dem $1^{3}/_{4}$—$2^{1}/_{4}$ fachen des Durchmessers.

Nach den Normalien für die Preussischen Staatsbahnen sollen die Achsschenkel für Güterwagen beistehende Form haben (Fig. 836); ferner soll sein: von Mitte zu Mitte Achsschenkel = 1,956 m; scharfe Ansätze sind zu vermeiden. Das allgemein verwendete Material zu den Achsen ist Gusstahl, resp. Bessemerstahl.

3. Betriebsdienst.

Zahl der Bremsen. In jedem Zuge müssen ausser den Maschinen und Tenderbremsen soviele kräftig wirkende Bremsen vorhanden und bedient sein, dass bei Neigungen der Bahn in längeren Strecken bis $^{1}/_{500}$ bei Personenzügen der 8. Theil, bei Güterzügen der 12. Theil; bis $^{1}/_{300}$ bei Personenz. der 6. Theil, bei Güterz. der 10. Theil; bis $^{1}/_{200}$ bei Personenz. der 5. Theil, bei Güterz. der 8. Theil; bis $^{1}/_{100}$ bei Personenz. der 4. Theil, bei Güterz. der 7. Theil; bis $^{1}/_{60}$ bei Personenz. der 3. Theil, bei Güterz. der 5. Theil; bis $^{1}/_{40}$ bei Personenz. der 2. Theil, bei Güterz. der 4. Theil der Räderpaare gebremst werden kann. Gemischte Züge, welche mit der Geschwindigkeit der Personenzüge fahren, sind als solche zu behandeln.

Prüfung der Locomotiven. Locomotiven dürfen erst in Betrieb gesetzt werden, nachdem sie einer Prüfung unterworfen und als sicher befunden sind. Der bei der Revision als zulässig erkannte Dampfdruck ist am Stande des Locomotivführers sichtbar zu bezeichnen.

LITERATUR.

Verzeichniss der benutzten Quellen.

Brosius & Koch, Die Schule des Locomotivführers. Wiesbaden, C. W. Kreidel.
Deutsches Bauhandbuch. Berlin, Commissions-Verlag von Ernst Toeche.
Heusinger von Waldegg, Handbuch für specielle Eisenbahntechnik. Leipzig, W. Engelmann.
——————, Kalender für Eisenbahntechniker. Wiesbaden, J. F. Bergmann.
Koch, Eisenbahnmaschinenwesen. Wiesbaden, J. F. Bergmann.
Zur Nieden, Bau der Strassen und Eisenbahnen. Berlin, Selbstverlag.
Paulus, Bau und Ausrüstung der Eisenbahnen. Stuttgart, J. Maier.
Petzhold, Eisenbahnmaterial. Wiesbaden, C. W. Kreidel.
——————, Transportmittel. Braunschweig, Vieweg & Sohn.
Schaltenbrand, Locomotiven. Berlin, R. Gärtner.
Technische Vereinbarungen des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen. Wiesbaden, C. W. Kreidel.
v. Weber. Schule des Eisenbahnwesens. Leipzig, J. J. Weber.
Winkler, Vorträge über Eisenbahnbau. Prag, H. Dominicus.

IX. Brückenbau.

A. Allgemeines.

Die Brücken (Viaducte, Durchlässe) werden je nach den Landverkehrslinien, welche sie bilden, unterschieden in solche für Wege, Strassen oder Eisenbahnen, und je nachdem die Axe der Brücke die zu überspannende Verkehrslinie unter einem rechten oder spitzen Winkel schneidet, in gerade oder schiefe Brücken.

Die Hauptbestandtheile einer Brücke sind die Brückenträger, die Brückenpfeiler und die Brückenfundamente, und unterscheidet man je nach dem Material der ersteren steinerne, hölzerne und eiserne Brücken. Bezüglich der Brückenfundamente ist ausschliesslich auf den Abschnitt „Wasserbau" zu verweisen. Die Lage einer Brücke ist durch die Richtung der herzustellenden Communication und durch das Object, welches sie überspannen soll, bestimmt, und ist man genöthigt, sich den obwaltenden Verhältnissen anzupassen. Wo es irgend möglich, soll die Längenaxe der Brücke, um eine möglichst einfache Construction zu erhalten, eine gerade, rechtwinkelig zur Flussrichtung liegende sein. Die Krümmungen der anschliessenden Theile hängen von der Art der Verkehrslinie ab, und zwar können Strassen mit 4—6 m breiter Fahrbahn, sofern die Länge der Wagenladungen diese Breite nicht überschreitet, mit 10—15 m Krümmung anschliessen; schweres Strassenfuhrwerk erfordert 50 m Krümmungsradius. Die Krümmungsradien für den Anschluss der Eisenbahnen sollen gewöhnlich die auf Seite 143, Bd. II angegebenen Masse zum mindesten erreichen, doch sind in der Nähe von Stationen Radien von 200—300 m zulässig.

Strassenbrücken, Fig. 837, erhalten je nach der Frequenz 3—20 m Breite, entweder gleich der vollen Breite der Verkehrslinie oder aus ökonomischen Gründen mehr oder weniger ermässigt; gewöhnliche Strassenbrücken mit zwei Banquettes von 1—1,25 m Breite für Fussgänger und einer Fahrbahn, auf der Fuhrwerke sich ausweichen können, besitzen eine Breite von 7—8 m zwischen den Brüstungen. Die Breite der Eisenbahnbrücken ist durch die Zahl der Geleise bestimmt, sodass sich bei eingeleisigen Brücken, Fig. 838, 4 m und bei zweigeleisigen Brücken 7,5 m als Breite ergiebt. (Siehe das Normalprofil Fig. 801 auf Seite 143.)

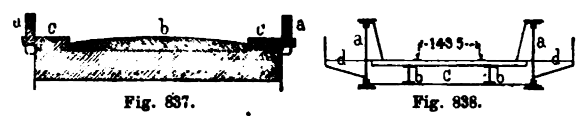


Fig. 837. Fig. 838.

Die Pfeiler der Brücken bestehen meist aus Stein und bei eisernen Brücken auch wohl aus Eisen, bei hölzernen Brücken aus Holz. Die steinernen Pfeiler der Strombrücken werden an den Enden bis zum höchsten Wasserstande mit kreis-, korblinien-, spitzbogenförmigen und parabolischen sog. Vor- und Hinterköpfen versehen, um den Durchfluss des Wassers zu erleichtern und den durch gegen die Pfeiler getriebene Eismassen oder dgl. hervorgebrachten Stoss zu mildern.

Die lichte Oeffnung der Brücke hängt bei zu unterführenden Strassen oder Eisenbahnen ab von dem auf denselben stattfindenden Verkehr. Bei Strassen muss die Oeffnung mindestens so bemessen werden, dass sich zwei den Verkehr bildende Fussgänger, Lasttragende, leichte oder schwere Fuhrwerke ausweichen können. Bei Eisenbahnen ergiebt sich die Oeffnungsweite aus dem Normalprofil zu 4 m bei eingeleisigen und 7,5 m bei zweigeleisigen Bahnen. Jeder in der Oeffnung liegende Bahngraben von 0,5 m Tiefe bedingt einen Zuschlag von 1—1,75 m.

Bei Strombrücken ist neben dem Verkehr die Oeffnungsweite noch durch die grösste durchzuführende Wassermasse bedingt, welche sich höchstens mit einer Geschwindigkeit bewegen darf, die noch kein Angreifen der Sohle zur Folge hat. Auch ist der oberhalb der Brücke entstehende Stau zu berücksichtigen. In folgender Zusammenstellung ist nach Dubuat die zulässige secundliche Geschwindigkeit des Wassers in Metern für verschiedene Geschiebe angegeben.

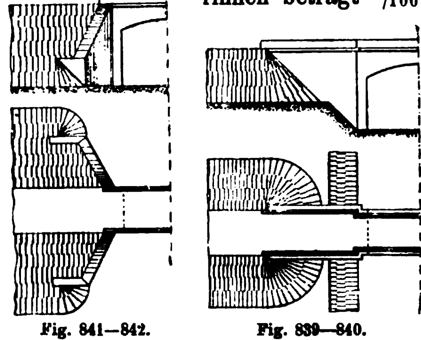
Art der Geschiebe	Grösste zulässige Geschwindigkeit	Art der Geschiebe	Grösste zulässige Geschwindigkeit
Aufgelöste Erde	0,076	Kieselstein	0,914
Fetter Thon	0,152	Eckige Steine	1,220
Lehm und Schlamm	0,209	Geschichtete Felsen	1,840
Sand	0,305	Geschlossene harte Felsen	3,050
Kies	0,609		

Die Höhenlage der Fahrbahn hängt im allgemeinen ab von dem zu überführenden Landverkehr, von dem höchsten Wasserstande, von dem zu unterführenden Schiffsverkehr und von der Höhenlage der zu verbindenden Communicationstheile; die Unterkante des Ueberbaues (Unterkante der Brückenträger oder Scheitel der lichten Oeffnung bei Gewölben) muss jedoch stets 0,5 m bis mindestens 0,25 m über dem höchsten Wasserspiegel liegen.

Die grösste zulässige Steigung versteinter Strassenbrücken ist 1 : 40 im Flachlande, 1 : 30 im Hügellande und 1 : 20 im Gebirgslande; für Eisenbahnbrücken gelten die Verhältnisse 1 : 200 im Flachlande, 1 : 100 im Hügellande und 1 : 40 im Gebirgslande, wobei Gefällwechsel unter einer Abrundung von möglichst grossem Radius stattfinden müssen.

Das Querprofil zeigt bei Strassenbrücken eine convexe Wölbung oder eine Sattelform mit abgerundetem Grat; bei Eisenbahnbrücken ist die Fahrbahn in der Breite gerade mit Anwendung der Schienenüberhöhung in den Curven. Gepflasterte Strassenbrücken erhalten eine nach Kreisbogen gewölbte Oberfläche mit einer stärksten Neigung von 25—33 mm pro 1 m; versteinte Strassenbrücken erhalten einen Sattel mit einer Neigung von $^1/_{24}$ bei festem, $^1/_{16}$ bei weniger festem Strassenmaterial. Fahrbahnen aus Bohlen erhalten noch geringere Querneigung. Für die Banquettes ist eine Neigung anzunehmen von $^1/_{100}$ bei Asphalt, $^1/_{50}$ bei Pflaster.

Das Längengefälle der zwischen Banquettes und Fahrbahn befindlichen Abflussrinnen beträgt $^1/_{100}$ für Pflaster, $^1/_{200}$ für Rinnsteine.


Fig. 841—842. Fig. 839—840.

Die Böschungen der an die Brücke anschliessenden Strassen- oder Eisenbahndämme werden theils durch Flügelmauern (Parallelflügel oder Winkelflügel), theils durch Kopfböschungen ohne Anwendung von Flügeln abgeschlossen. Fig. 839—840 zeigen einen sog. Parallelflügel; dieselben erhalten eine mindestens der erforderlichen Ausladung der Böschung entsprechende Länge. Die Böschungen betragen pro 1 m Höhe für: Gartenerde 2 m, Lehm und Sand $1^1/_2$ m, Kies und Gerölle $1^1/_4$ m, weiches Taggestein (Mergel) 1 m, festes Gestein bei Aufträgen $^3/_4$ m, festes Gestein bei Abträgen $^1/_3$—$^1/_8$ m.

Die Länge der Parallelflügel kann gekürzt werden, indem man steilere Böschungen dadurch herstellt, dass man sie künstlich befestigt. Dann sind die zulässigen Verhältnisse für eine Befestigung durch Kopfrasen 1 : 1, für Steinpflaster 1 : $^3/_4$, für Steinpackung 1 : $1^1/_2$ bis 1 : $^1/_4$, bei Stützung durch Futtermauern $^1/_5$—$^1/_{20}$.

Fig. 841—842 stellen die Anordnung eines Winkelflügels dar. Diese werden meist unter 45° gegen die Brückenaxe gestellt, jedoch auch normal zu derselben; sie erhalten an ihrer Vorderfläche bei natürlichen Steinen eine Böschung von $^1/_{12}$—$^1/_8$. Die Stärke der Flügelmauern berechnet sich genau wie die der Futtermauern.

B. Steinerne Brücken.

Ueberbrückungen kleiner Wassergräben oder Canäle werden oft dadurch vermittelt, dass einfache steinerne Platten über die Widerlager gelegt werden und so die Lichtweite freitragend überspannt wird. Diese Construction ist jedoch nur bis ca. 1,2 m Weite zulässig und beträgt die Plattenstärke bis 0,63 m Weite 16 cm und darüber 25 cm. Grössere Weiten als 1,2 m erheischen eine Ueberbrückung mittelst Tonnengewölbes. Je nach der Constructionshöhe, d. h. der Niveaudifferenz zwischen dem freizulassenden lichten Raum der unteren Communication einerseits und dem Niveau der oberen Communication anderseits, ist eine verschiedenartige Form der Gewölbe möglich.

Der Halbkreisbogen ergiebt den kleinsten Horizontalschub gegen die Widerlager und ist demnach bei hinreichend vorhandener Constructionshöhe mit Vortheil anzuwenden.

Der Stich- oder Segmentbogen ist ein Theil eines Halbkreises und ergiebt einen um so grösseren Horizontalschub, je kleiner seine Pfeilhöhe ist. Dieser Bogen bietet aber bei gleicher Constructionshöhe eine grössere lichte Weite als der Halbkreisbogen. Das Minimum der Pfeilhöhe beträgt beim Stichbogen:

bis 10 m Spannweite = $^1/_{12}$, von 10—20 m Spannweite = $^1/_{10}$ der Spannweite; von 20—30 m Spannweite = $^1/_8$, von 30—60 m Spannweite = $^1/_6$ der Spannweite.

Der Korb- und elliptische Bogen liegt bezüglich der erreichbaren Spannweite bei bestimmter Constructionshöhe zwischen den beiden ersten.

Der **Spitzbogen** ist nur da motivirt, wo der Scheitel concentrirte Einzellasten zu tragen hat als Thore oder Pfeiler einer höheren Bogenstellung, Statuen etc.

Für die **Gewölbstärke** ist die Bedingung massgebend, dass für einseitige mobile Belastung der einen Gewölbhälfte eine Mittellinie des Druckes nachweisbar sein muss, die an keiner Stelle aus dem mittleren Drittel des Gewölbes heraustritt, und dass bei dieser Belastungsart die stärkste Druckspannung an keiner Stelle den Werth von etwa 8 kg pro qcm überschreitet. Die Gewölbstärke wird vom Scheitel nach dem Kämpfer zu wegen des bis hierher grösser werdenden Gewölbedruckes zunehmend ausgeführt und ergiebt sich die Schlusssteinstärke aus der Formel: $d = 0{,}2\sqrt{L} + 0{,}1$ m, wo L die Spannweite in m bedeutet. Die Gewölbstärke am Kämpfer macht man dann: $d_1 = \frac{4}{3}$ bis $\frac{5}{4}\,d$.

Die **Stärke der Landpfeiler** beträgt bei grösseren Brücken bei vollem Gewölbbogen $\frac{1}{5}$—$\frac{1}{4}$ der Lichtweite, beim Segmentbogen $= \frac{1}{4} - \frac{1}{3}$ der Lichtweite. Den Zwischen- oder Mittelpfeilern giebt man circa die halbe Stärke der Landpfeiler.

Die Kämpfer der Stichbogen sind womöglich über die Hochwasserlinie, mindestens jedoch in dieselbe zu legen; bei weniger gedrückten Segmentbogen ist es zulässig, die Kämpfer um $\frac{1}{2}$, bei Korbbogen um $\frac{3}{4}$, bei Halbkreisbogen und überhöhten Bogen um $\frac{2}{3}$ der Pfeilhöhe unter die Hochwasserlinie zu legen.

Nach der Ausführung erhalten die Gewölbe eine zur Vermeidung einer örtlichen Hebung und seitlichen Verschiebung erforderliche **Ueber-** bezw. **Hintermauerung**, welche eine meist ebene oder etwas concave Oberfläche und behufs Ableitung des Sickerwassers eine mit dem Pfeilverhältniss der Gewölbe abnehmende Neigung von $\frac{1}{3} - \frac{1}{5}$ erhält, übrigens sich aber tangential an den Rücken des Gewölbes anschliesst. Die Hintermauerung wird durch 1—2 in Cement gelegte Flachschichten von Klinkern abgedeckt, auf welchen wieder eine 1 cm starke Asphalt- oder Asphaltfilzschicht liegt. Für die Ueberschüttung der Gewölbe nimmt man möglichst wasserdurchlässiges Material.

Die **Wasserabführung** geschieht durch die Scheitel oder Anfänge der Gewölbe mittelst thönerner oder gusseiserner Röhren, welche mit den Einfallröhren der Gossen in Verbindung stehen.

Für die Herstellung der **Fahrbahn** ist zu beachten, dass die Ueberschüttung der Gewölbe mindestens 0,3 m betragen soll; darüber wird eine 20 bis 30, im Mittel 25 cm starke Chaussirung oder Pflasterung vorgenommen.

Bei Strassenbrücken besonders sind als Schutz gegen Herabstürzen **Brüstungen** unentbehrlich; dieselben werden 1—1,25 m hoch und 0,3—0,6 m stark ausgeführt. Bei Ziegeln setzt man in gewissen Entfernungen Pfeiler, die $1\frac{1}{2} - 2$ Ziegel stark sind, mit 1 Ziegel starkem Füllwerk; bei Quadersteinen nimmt man die Pfeiler 26 cm, das Füllwerk 16 cm stark an.

C. Hölzerne Brücken.

Hölzerne Eisenbahnbrücken dürfen nur bei provisorischen Anlagen ausgeführt werden, jedoch ist eine hölzerne Strassenbrücke überall dort von Vortheil, wo es, genügendes Vorhandensein von Material vorausgesetzt, sich um rasche und billige Herstellung handelt.

Die **Widerlager** von Holzbrücken können aus Holz oder Stein hergestellt sein. Holzwiderlager erhalten eine gleiche Construction wie die Bohlwerke, werden aber wegen ihrer geringen Dauer nur noch selten ausgeführt. Beim Einrammen der Widerlagerpfähle ist auf etwa mögliche Auskolkungen gehörig Rücksicht zu nehmen. Fast ausschliesslich wendet man Widerlager von Stein an und bemisst ihre Stärke lediglich nach dem Erddrucke. Dieselben sind mit Flügelmauern zu versehen, wie bei den Steinbrücken angegeben, und ihre Fundamentsohle ist ebenfalls vor Auskolkungen zu schützen.

Bei grösseren Spannweiten, bei denen die Auflagerung des Trägers auf die Widerlager nicht genügt, wendet man Zwischenpfeiler oder hölzerne Joche an. Letztere bestehen aus einer oder mehreren Reihen von in der Stromrichtung stehenden Pfählen, welche mit Andreaskreuzen versteift sind. Man unterscheidet eingerammte und aufgesetzte Joche. Ein eingerammtes einfaches Joch von mittlerer Höhe zeigen Fig. 843 bis 844, ein aufgesetztes Joch ist aus Fig. 845 bis 846 ersichtlich; dasselbe besteht aus dem eigentlichen Joch, welches mittelst Bolzen gegen die Schwelle des eingerammten Grundjoches befestigt und so eingerichtet ist, dass bei einer Reparatur die Hälfte desselben noch zur Unterstützung der halben Fahrbahn stehen bleiben kann. Werden zwei solche Joche nebeneinander gestellt, so erhält man ein Doppeljoch. Die Jochständer erhalten eine Stärke:

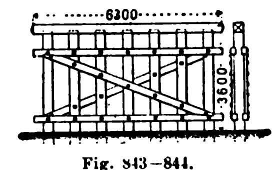


Fig. 843—844.

Fig. 845—846.

bei 2 bis 3 m Höhe von 0,24 × 0,24 m
„ 3 „ 4 m „ „ 0,3 × 0,3 m
„ 5 „ 10 m „ „ 0,3 × 0,36 m.

Die Abstände der einzelnen Jochständer sind 0,75 — 0,9 m von Mitte zu Mitte. Bei solideren Brücken werden steinerne Pfeiler statt der Joche angewendet und beträgt deren obere Stärke, wenn h die Pfeilerhöhe und w die Entfernung von Pfeilermitte zu Pfeilermitte bedeutet: $0{,}762^{m} + 0{,}147\, h \sqrt[3]{\frac{w}{h}}$.

Die Träger der Fahrbahn hölzerner Brücken werden unterschieden in einfache und gegliederte Balkenträger, sowie in Bogenträger.

Einfache Balkenbrücken erhalten 6—8 m weite Oeffnungen und bestehen deren Träger aus einfachen Balken (Tragbalken, Streckbäumen von 0,3 × 0,3 m bis 0,36 × 0,3 m Stärke; dieselben werden in Entfernungen von 0,96 m von Mitte zu Mitte entweder direct auf die Mauerlatten der Widerlager und die Jochholme aufgelegt oder auch auf ca. 2,5 m lange Sattelhölzer, welche in den Jochholmen und Mauerlatten verkämmt sind. Eine solche einfache Balkenbrücke zeigen Fig. 847—848. a ist das Joch, e der Jochholm, c die Sattelhölzer und b die Tragbalken, auf welch letzteren direct der Bohlenbelag der Brücke liegt.

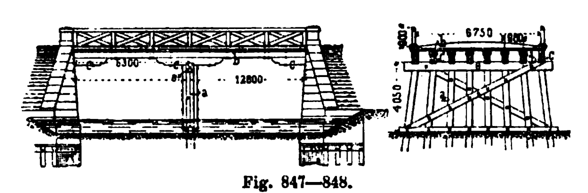


Fig. 847—848.

Bei durch Verdübelung, Verzahnung, Biegung und Verspannung zweier Balken etc. bewirkter künstlicher Verstärkung einfacher Balkenträger kann man die Stützpunkte der Strassenbrücken 12—18 m weit auseinanderrücken; bei provisorischen Eisenbahnbrücken sind in diesem Falle erst 4 — 6 m Stützenentfernung gestattet. Am häufigsten kommt die Verdübelung von zwei oder drei einfachen Balken vor.

Gegliederte Balkenbrücken können als einfaches Hängewerk, Sprengewerk oder Fachwerk hergestellt werden. Bei Hängewerksbrücken soll der Winkel der Streben mit dem Horizont mindestens 25° betragen. Das Hängewerk ist nur dann für grössere Spannweiten anwendbar, wenn man ihm eine entsprechende Höhe geben kann; die grösste zulässige Spannweite ist 30 m. Bei grösserer Höhe als 2 m sind seitliche Verstrebungen, bei 3—4 m Höhe schon Querverbindungen sämmtlicher Hängewerke erforderlich. Hängewerksbrücken über 12 m Spannweite erfordern ausserdem horizontale Versteifungen durch Windkreuze.

Sprengewerksbrücken haben, wenn die nöthige Constructionshöhe vorhanden ist, entschiedene Vortheile vor den einfachen Balken- und Hängewerksbrücken. Die Widerlager erfordern hier allerdings wegen des aufzunehmenden Horizontalschubes der Streben des Sprengewerkes bedeutendere Stärke als bei den vorhergehenden; auch sind für Sprengewerke lange, kernhafte Stämme erforderlich. Bei Strassenbrücken wird der Bohlenbelag unmittelbar auf die Sprengewerke gelegt; bei provisorischen Eisenbahnbrücken werden jedoch zuerst Querbalken aufgekämmt. Die Sprengewerksbrücken sind, wenn die Streben vom höchsten Wasserstande nicht erreicht werden, bis für Spannweiten von 45 m auszuführen. Fig. 849—850 zeigen eine Sprengewerksbrücke der österreichischen Nordwestbahn; die Figuren erklären dieselbe genügend.

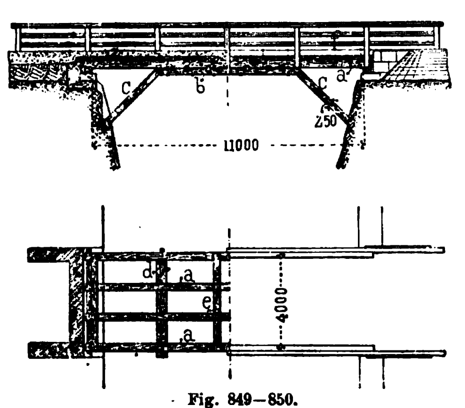


Fig. 849—850.

Sehr oft combinirt man das Hänge- und Sprengewerk zu sog. Hänge- und Sprengewerksbrücken. Solche sind da anzuwenden, wo man über dem Hochwasser und der Fahrbahn nicht genug Höhe hat, um ein vollständiges Sprenge- resp. Hängewerk anzuordnen; die Spannweite kann dann bis zu 100 m ausgedehnt werden.

Wird an Stelle des Hänge- oder Sprengwerkes ein aus Holzbalken, Bohlen etc. gebildeter Bogen gesetzt, so erhält man sog. Bogenhängewerks- und Bogensprengewerksbrücken. Bei ersteren ist der Bogen mit einem geraden Balken combinirt und ragt über die Fahrbahn vor, bei letzteren befindet sich der Bogen stets unter der Fahrbahn. Bis zu 13 m Spannweite genügt ein einfacher Balkenbogen von 0,32 × 0,39 m Stärke; für grössere Oeffnungen benutzt man verzahnte Bogenbalken oder Bohlenbogen. Der Pfeil der Bogen beträgt höchstens $^{1}/_{25}$ bis $^{1}/_{20}$ der Spannweite. Die Bogenhängewerke werden ebenfalls mit den Bogensprengewerken combinirt, wodurch man wiederum in den Stand gesetzt wird, grössere Spannweiten als mit nur einem von beiden zu überbrücken.

In Fig. 851 — 854 ist die Bogensprengewerksbrücke von Wiebeking dargestellt, welche bei Kufstein über den Inn gebaut ist. Dieselbe hat 3 Bogen und 31,6 m Spannweite. Die Brückenbahn ist 5,8 m breit und beschottert; sie wird von 3 Tragbalken getragen, deren jeder aus 3 Curven von 0,33 × 0,33 m

Stärke besteht. Ueber jedem Bogen liegt ein gesprengter verdübelter Träger, welcher an 7 Punkten durch die Unterzüge und Balkenwände gestützt und mittelst durchgehender Bolzen verbunden wird. Durch 2 Sprengestreben wird jedem Bogen ein Theil der Last abgenommen. Der Bohlenbelag ruht auf 5 Streckbäumen von 0,3 × 0,3 m Stärke, unter welchen zur Verhütung von horizontalen Ausbiegungen und Schwankungen Windkreuze angebracht sind.

Die Fahrbahn der hölzernen Brücken besteht je nach der Frequenz der Brücke aus einer einfachen oder doppelten Bohlenlage von Eichenholz, aus einer Bohlenlage mit Schotter- oder Kiesdecke, oder aus einer Bohlenlage mit Holz- oder Steinpflaster. Bei dem gewöhnlichen Abstand der Streckbäume erhält der Bohlenbelag eine Stärke von 7,5 bis 9 cm; die Kies- oder Schotterdecke erhält eine Höhe von 10,5 bis 15 cm.

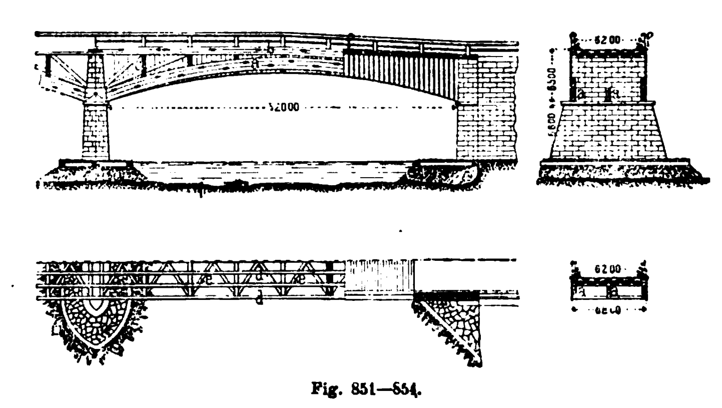


Fig. 851—854.

Die Begrenzung der Schotterdecke geschieht durch beiderseitige Saumschwellen oder Rinnen von Holz oder Stein. Anzulegende Fusswege werden gegen die Fahrbahn erhöht und aus einfachem Bohlenbelag gebildet. Werden die Fusswege der Brücke, wie es bei grösseren Brücken in Städten geschieht, asphaltirt, so ist es, um Risse zu vermeiden, gut, den Bohlenbelag erst mit starkem, gut getheerten Segeltuch zu überziehen.

Die Geländer hölzerner Brücken werden entweder aus Holz oder Schmiedeeisen hergestellt, selten aus Gusseisen. Die Höhe derselben beträgt 0,9 bis 1,2 m. Das Geländer ist gegen seitliche Stösse, welche vom Gegenlehnen einer Menschenmasse oder dgl. herrühren, gehörig durch seitliche Streben zu sichern.

Bei kleineren Flüssen werden nachtheilige Folgen der von Eismassen gegen die Joche ausgeführten Stösse dadurch verhindert, dass man die äusseren Joche etwas schräg stellt und mit spitzen Eisen armirt. Bei stärkerem Eisgange ordnet man besondere Eisbrecher an und zwar in 1,25—3 m Abstand von den Jochen. Dieselben werden mit ihren mit eisernen Schienen beschlagenen Rücken mit einer Neigung von $1:1\frac{1}{2}$ bis $1:3$ gegen die Strömungsrichtung gestellt.

D. Eiserne Brücken.

Diese werden meistens in Schmiedeeisen ausgeführt, kommen aber auch in Gusseisen, Stahl und aus diesen Materialien combinirt vor. Man unterscheidet je nach der Constructionsweise Balken-, Bogen- und Hängebrücken einerseits und feste und bewegliche Brücken anderseits. Letztere sind derart eingerichtet, dass der Oberbau zeitweise vom Unterbau beseitigt werden kann, entweder zu einer absichtlichen Verkehrshemmung in Kriegszeiten oder zur Erreichung grösserer Durchfahrtshöhe für Schiffe.

Die Stützen oder Pfeiler der eisernen Brücken können entweder in Stein, in Eisen oder in Stein und Eisen ausgeführt werden. Am häufigsten kommen die in Stein gemauerten Pfeiler vor, welche in ähnlicher Weise wie bei Stein- und Holzbrücken ausgeführt werden. Die Pfeiler aus Stein und Eisen besitzen gemauerte Sockel, auf welchen die in Eisen construirten Stützen ruhen. Dies gilt jedoch meistens nur für die Zwischenpfeiler; die Landpfeiler werden ganz aus Stein hergestellt. Ganz aus Eisen construirte Pfeiler können entweder Schrauben- oder Pilotenpfeiler oder Röhrenpfeiler sein. Erstere sind nach Art der Joche bei Holzbrücken gebaut, nur mit dem Unterschiede, dass die einzelnen Säulen aus starken schmiedeeisernen Stangen oder aus gusseisernen Röhren bestehen, welche mittelst einer an ihrem Ende befindlichen Erdschraube in den Boden eingeschraubt werden. Die einzelnen Säulen werden durch horizontale und diagonale Querstücke versteift. Die Röhrenpfeiler bestehen aus zwei aus einzelnen Stücken zusammengesetzten Röhren von grossem Durchmesser, die mit Betonmasse ausgefüllt sind und mittelst der pneumatischen Methode in den Grund versenkt werden (s. Abschnitt „Wasserbau“).

Zur Construction einer eisernen Brücke ist die Kenntniss der Totalbelastung unbedingtes Erforderniss. Dieselbe wird gebildet aus derjenigen Belastung, welche aus dem später stattfindenden Verkehr der Fuhrwerke und Fussgänger hervorgeht, und aus dem Eigengewicht der Construction. Für erstere sind stets die ungünstigsten Fälle anzunehmen.

Die Verkehrs- oder mobile Last bei Eisenbahnbrücken wird bewirkt durch diejenigen Fahrzeuge, bei welchen der Raddruck möglichst gross, der Radstand und die Bufferlänge aber möglichst

klein sind, und nimmt man zur Berechnung der Brücken die Normallocomotive an, welche Fig. 855 darstellt. Der Radstand dieser Locomotive mit Tender beträgt 1,5 m, und die Lastvertheilung ist aus den eingeschriebenen Gewichten ersichtlich. Für die Berechnung wird meistens ein Zug, aus selten mehr als drei solchen Locomotiven und aus angekuppelten schwerbeladenen Güterwagen (s. Fig. 856) bestehend, angenommen, jedoch ist es empfehlenswerth, einen nur aus Locomotiven bestehenden Zug anzunehmen. Bei Berechnung eines Constructionstheiles kann man sich die Verkehrslast auf eine auf dieselbe Strecke gleichmässig vertheilte Belastung von z Tonnen pro lfd. m reducirt, denken, welche die gleiche Beanspruchung erzeugt. Dazu genügt es nach Launhardt, wenn l die Spannweite in m ist: $z = \frac{260 + 2\,l}{30 + l}$ Tonnen anzunehmen.

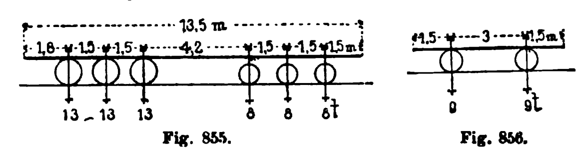


Fig. 855. Fig. 856.

Die durch das Eigengewicht hervorgebrachte ruhende Belastung von p kg pro lfd. m bei einer Eisenbahnbrücke berechnet sich nach Schwedler aus: $p = 30\,l + 800$ bei schweren Constructionen, $p = 27\,l + 600$ bei mittelschweren Constructionen, $p = 24\,l + 400$ bei leichten Constructionen, wovon etwa 400 kg auf Schienen, Schwellen und Bohlen kommen.

Als ungünstigste Belastung bei Strassenbrücken gilt ein so dichtes Menschengedränge, dass bei demselben nur noch eine langsame Bewegung möglich ist, wobei 5—6 Mann 1 qm Grundfläche einnehmen, was einer Belastung von 350—420 kg pro qm entspricht, wofür man, besonders in grossen Städten, 460 kg annimmt. Bei kleineren Brücken kann jedoch die Belastung durch schwere Lastwagen noch ungünstiger werden als bei Menschengedränge. Die Verhältnisse eines solchen der Berechnung zu grunde zu legenden Wagens giebt Fig. 857 an.

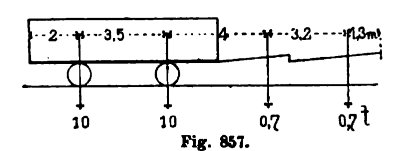


Fig. 857.

Als Eigengewicht eiserner Strassenbrücken kann man bei Brücken von 7,5 m Totalbreite und 5,5 m Fahrbahnbreite pro lfd. m annehmen, wenn die Fahrbahn mit doppeltem eichenen Bohlenbelag versehen ist: $p = 28\,l + 1300$ kg, und wenn die Fahrbahn mit 0,2 m dicker Beschotterung versehen ist: $p = 42\,l + 3600$ kg. Im ersten Falle beträgt das Eisengewicht der Brücke excl. Wellbleche, Buckelplatten etc.: $p_1 = 23\,l + 600$ kg, im letzteren Falle $p_1 = 42\,l + 900$ kg.

Der Ueberbau einer eisernen Brücke besteht im wesentlichen aus den Hauptträgern, den Fahrbahnträgern, den Auflagern der Fahrbahn, dem Windverband und der Aussteifung des Querprofils.

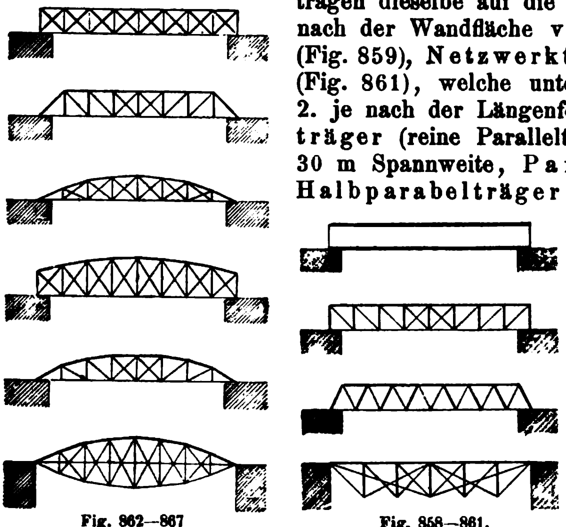


Fig. 862—867 Fig. 858—861.

Die Hauptträger nehmen die gesammte Last der Brücke auf und übertragen dieselbe auf die Pfeiler; man unterscheidet bei den Balkenbrücken 1. je nach der Wandfläche vollwandige Träger (Fig. 858), Fachwerkträger (Fig. 859), Netzwerkträger (Fig. 860) und amerikanische Hängewerke (Fig. 861), welche unter sich die verschiedenartigsten Combinationen zulassen; 2. je nach der Längenform der Trägergurtungen unterscheidet man Parallelträger (reine Parallelträger Fig. 862 und Trapezträger Fig. 863) für 10 bis 30 m Spannweite, Parabelträger (Fig. 864) für 30—50 m Spannweite, Halbparabelträger (Fig. 865) für über 50 m Spannweite, Hyperbel- oder Schwedler-Träger (Fig. 866) und Fisch- oder Linsenträger (System Laves-Pauly, Fig. 867). In der Regel wird die Brücke aus soviel 2stützigen Trägern zusammengesetzt, als Oeffnungen vorhanden sind; sog. continuirliche Träger, welche auf mehr als 2 Stützen aufliegen, empfehlen sich trotz des geringeren Materialverbrauchs und anderer Vortheile nicht, da sie eine schwer zu erreichende Sorgfalt in der Ausführung erfordern.

Während die Balkenbrücken lediglich einen verticalen Druck auf die Stützen ausüben, üben die Bogenbrücken ausser diesem noch einen horizontalen Schub auf dieselben aus. Fig. 868 zeigt die principielle Anordnung einer solchen Brücke. Die Wandbildung ist ähnlich der der Balkenbrücken.

Bei den Hängebrücken ist die Fahrbahn mittelst eiserner Zugstangen an einem Drahtseil oder einer aus verbolzten Flacheisengliedern gebildeten Kette etc. aufgehängt. Die Pfeiler haben durch letztere neben einem Verticaldrucke auch einem horizontalen Zuge zu widerstehen. Fig. 869 zeigt die Anordnung einer Hängebrücke im Princip. Das Seil wird über im Pfeiler befindliche aus Walzen bestehende Sättel geführt und in hinter den Pfeilern befindlichen Fundamenten gut verankert. Die grösste bis jetzt erreichte

Spannweite eiserner Brücken, 480 m, besitzt die Hängebrücke von Röbling über den East-River zwischen New-York und Brooklyn.

Die Höhe der Hauptträger bei Balkenbrücken beträgt, wenn diese als Bruchtheil der Spannweite ausgedrückt wird, bei Parallelträgern $^1/_{12}$—$^1/_7$, meist $^1/_{10}$, bei gekrümmten Gurtungen $^1/_{10}$—$^1/_7$, meist $^1/_8$.

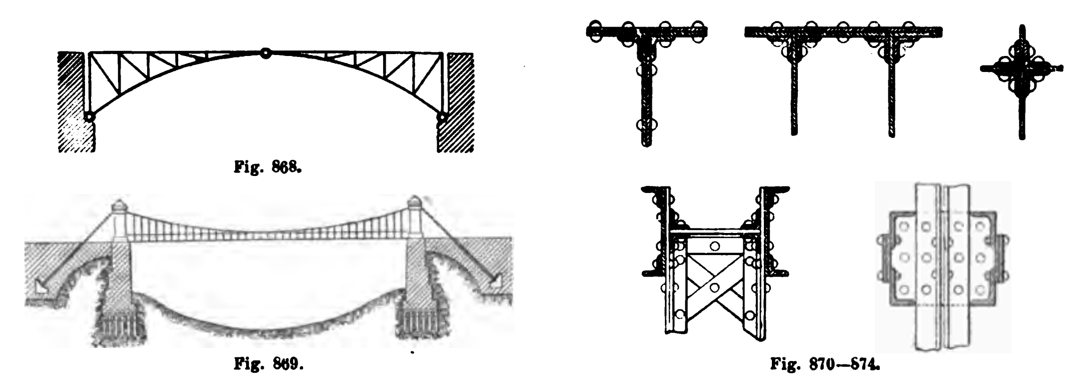


Fig. 868.

Fig. 869.

Fig. 870—874.

Die Gurtungen werden aus Platten und Façoneisen symmetrisch combinirt und haben meist T-, I-, +- und][-förmige Querschnitte, wie solche in Fig. 870—874 näher veranschaulicht sind. Obere und untere Gurtung sind bei einfachen Blechträgern durch die aus einzelnen Blechen bestehende, verlaschte Wand, bei Fach- und Netzwerkträgern aber durch einzelne Verticalen und Diagonalen verbunden. Dabei werden die gedrückten Theile aus Façoneisen, die gezogenen meistens aus Flacheisen hergestellt.

Die zwischen den Hauptträgern eingenieteten Quer- und Schwellenträger sind gewöhnlich vollwandig, kommen jedoch auch als Gitterbalken vor.

Die beiden Hauptträger sind durch feste Querverbindungen und einen Kreuzverband gegen Winddruck und Seitenschwankungen widerstandsfähig zu machen. Der Kreuzverband muss in der Fläche der oberen oder unteren Gurtung liegen und bis an die Auflager fortgesetzt werden. Bei Hauptträgern von mehr als 6 m Höhe sind für obere und untere Gurtung je ein Kreuzverband anzuordnen.

Die Eisenstärken sind bei eisernen Brücken nie unter 6,5 mm, am besten mindestens 10 mm zu nehmen. Die Verbindung der einzelnen Theile geschieht durch warme Nietung, wobei darauf zu achten ist, dass die Nietlöcher richtig aufgerieben und versenkt sind. Die Durchmesser der Nieten sind innerhalb der Grenzen von 46 bis 22 mm zu halten, gewöhnlich nimmt man dieselben gleich der doppelten Blechstärke an. Bei mehrschnittigen Nieten ist eine Schaftlänge über 3 mal Durchmesser nicht zu empfehlen, über 5 mal Durchmesser gar nicht gestattet. Oft hat man statt der Nieten auch Schraubenbolzen angewendet.

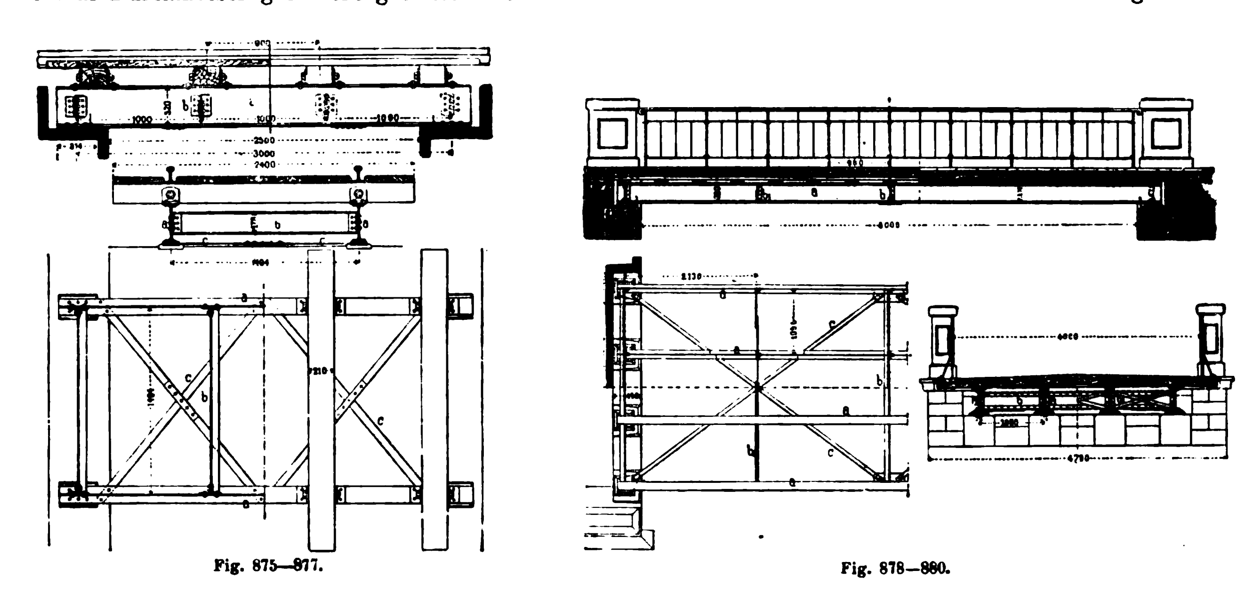


Fig. 875—877.

Fig. 878—880.

Die Nietentheilung beträgt bei einfacher Nietung das $2^1/_2$- bis 3fache, auch das 4fache des Durchmessers. Auf den qcm Nietenquerschnitt sind 580—730 kg, auf 1 qcm Lochquerschnitt nicht mehr als 1100 kg

Druck zu rechnen. Bei mehrfacher Nietung empfiehlt es sich, nach den Enden zu, dem abnehmenden Zug entsprechend, die Stabbreite zu verringern.

Des Rostens wegen ist möglichst geringe Oberfläche (starke Eisensorten) vortheilhaft; Wassersäcke und enge Zwischenräume zwischen den Eisentheilen sind zu vermeiden; dem Anstrich muss eine Reinigung durch Beizen, Scheuern und Waschen mit Kalkwasser vorhergehen.

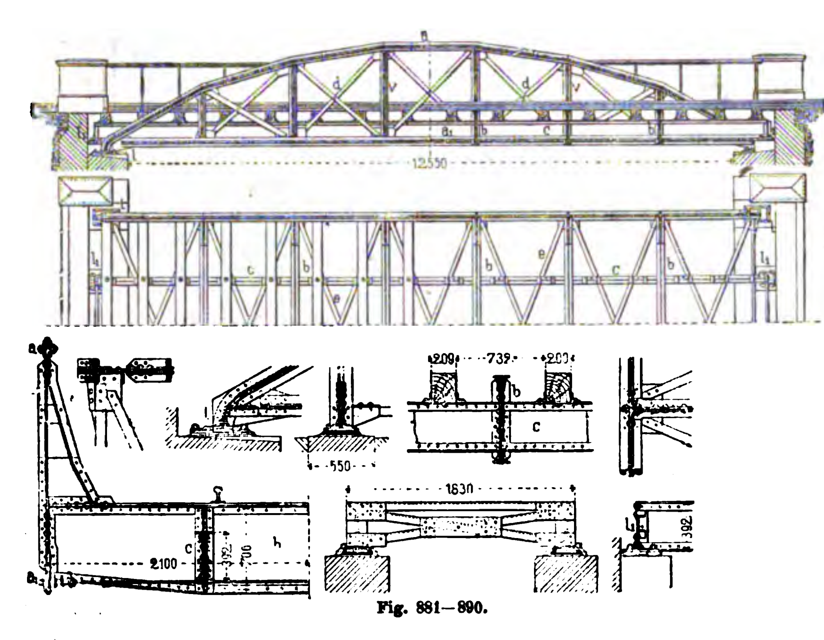


Fig. 881—890.

Die Auflager, deren eins fest, das andere verschiebbar ist, bestehen bei kleineren Brücken aus Gussplatten mit Rändern; bei grösseren Brücken bis zu 30 m Spannweite wendet man Gleitlager, bei solchen über 30 m Spannweite Rollenlager auf der verschiebbaren Seite an. Bogenbrücken finden ihr Auflager meistens mittelst eines Bolzens, der sowohl in einen festen Lagerkörper als in ein entsprechendes, am Bogenfusse befindliches Lager eingreift. Ein ähnliches Scharnier erhalten oft die Bogenträger im Scheitel.

Die Fahrbahn besteht bei Strassenbrücken entweder 1. aus doppeltem Bohlenbelag aus 8 cm starken Bohlen (bei schweren Lasten ist der untere Belag 10 bis 13 cm stark); 2. aus einfachem Bohlenbelag mit 15—20 cm starker Beschotterung; 3. aus ⊥-förmigen gusseisernen Platten, welche um $^1/_{10}$—$^1/_{12}$ ihrer Spannweite nach unten gewölbt sind; 4. aus durch Ziegel zwischen den Querträgern hergestellten überwölbten Kappen, 0,9—2 m weit, $^1/_2$—1 Stein stark, mit einer Auflage von 5 cm Beton, 1 cm Cement und 22 cm Beschotterung; 5. aus Eisenwellblech von 5—6 mm Stärke und 8 cm Wellenhöhe mit einer Auflage von Asphalt und Kies; 6. aus flachem Tonnengewölbe aus Eisenblech, 1 m weit mit 12 cm Pfeil; 7) aus meist quadratischen schmiedeeisernen Buckelplatten, welche rings vernietet und bald nach oben, bald nach unten concav sind, mit einer Auflage von Beton, Asphalt, Kies und Beschotterung oder Pflaster und 8) aus gusseisernen Zellenplatten, 5,2 cm hoch, von 5 mm Wand- und 6,6 mm Bodenstärke. Die Zellen sind mit Sand oder Beton ausgefüllt.

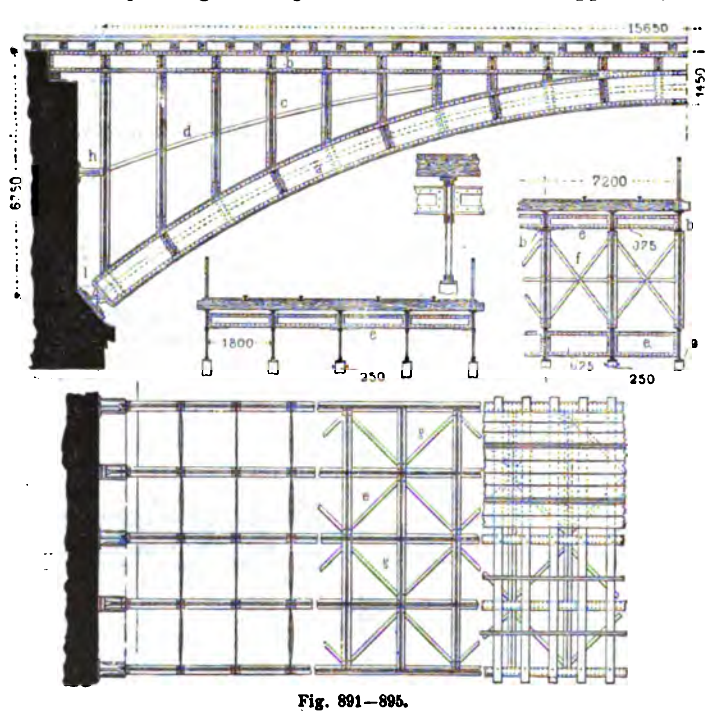


Fig. 891—895.

Bei Eisenbahnbrücken wird die Fahrbahn in einfacherer Weise hergestellt. Bei kleinen Balkenbrücken tragen die Hauptträger direct die hölzernen Querschwellen des Geleises. Auch werden die Schienen direct mittelst Klemmplatten auf den Hauptträgern befestigt. Bei mittelgrossen Brücken werden die Schienen auf mit den Hauptträgern verbundenen Querträgern, bei noch grösseren Brücken auf mit letzteren vernieteten Schwellenträgern oder auf diesen liegenden Holzschwellen von 23 × 26 cm Stärke befestigt. Die Abdeckung der Fahrbahn geschieht meist durch 5—8 cm starke Bohlen, jedoch auch mittelst dicht nebeneinander gelegter Schwellen in der Stärke der Bahnschwellen.

Die früher erwähnten beweglichen Brücken unterscheiden sich nach der Art der Bewegung in Klappbrücken, Drehbrücken, Hubbrücken, Rollbrücken und Schiffsbrücken.

In Fig. 875—877 ist ein Durchlass von 2,5 m lichter Weite dargestellt, welcher aus zwei I-förmigen Trägern von 3 m Stützweite besteht. Die Schienen liegen auf hölzernen Querschwellen, die mit den Längsträgern verbunden sind; letztere sind durch ⊏-förmige Querträger gegeneinander versteift.

Fig. 878 — 880 zeigen eine kleine Strassenbrücke von 8 m Spannweite. Dieselbe ist aus 4 gleich grossen Längsträgern und diese verbindenden Querträgern und Querversteifungen zusammengesetzt. Die Brücke ist mit Querschwellen abgedeckt, mit denen Futterhölzer verkämmt sind; diese tragen den hölzernen Bohlenbelag, und sind die Futterhölzer, um die Querneigung von $1/40$ zu erhalten, auf den beiden mittleren Längsträgern höher als auf den äusseren.

Durch Fig. 881 — 890 ist eine Eisenbahnbrücke mit Parabelträgern dargestellt. Die hölzernen Querschwellen ruhen auf den Schwellenträgern und liegen mit ihrer Oberfläche mit derjenigen der Querträger in einer Ebene, sodass die Schienen sowohl mit den ersteren als mit den letzteren verbunden werden können. Die übrige Construction wird aus den Figuren vollständig klar. Fig. 888—890 zeigen ein Stück des Brückenquerschnittes und die bewegliche Auflagerconstruction.

Fig. 891—895 zeigen die Anordnung einer Oeffnung der Bogenbrücke über die Aar bei Olten. Dieselbe hat drei Oeffnungen, welche je mittelst eines Bogens von Eisenblech überspannt sind, über welchem ein eiserner Blechbalken ruht, der sich auf den ersteren mittelst senkrechter Stützen von Winkeleisen stützt. Die Brücke ist zweigeleisig und werden die Geleise jeder Oeffnung durch fünf Bogen unterstützt. Die geraden Blechträger sind durch 24 Querverbindungen zu einem System verbunden; über den Blechträgern liegen in Entfernungen von 0,720 m von Mitte zu Mitte Querbalken, auf welchen die Schienen befestigt sind. Die Auflagerung der Bogen ist durch gusseiserne Schuhe mit Keilen bewirkt.

Von den bis jetzt beschriebenen Systemen vollständig abweichend construirt sind die amerikanischen Brücken; wir haben auf Tafel 5, Bd. II einige Constructionen derselben gezeichnet. Man sucht bei denselben vor allem möglichst Nieten zu vermeiden und wendet statt derselben in den Knotenpunkten Zapfen an. Diejenigen Brückentheile, welche Druckkräften zu widerstehen haben, werden als Säulen aus gewalztem Phönix-Eisen (Fig. 21—22) hergestellt oder erhalten einen kastenförmigen Querschnitt, während die gezogenen Constructionstheile aus Augenstangen (Fig. 21) gebildet werden. Die Phönix-Säulen werden entweder aus einzelnen Segmenten zusammengenietet, Fig. 21, oder man zieht warm über die zu dem Zwecke schwalbenschwanzförmig gewalzten Flanschen der Segmente entsprechend geformte Streifen, Fig. 22. Fig. 2 und 3 zeigen eine Brückenconstruction, die bis zu 7,5 m Spannweite sehr gebräuchlich ist. Je zwei I-Träger sind durch Bolzen und Stemmröhren verbunden. Die Querverbindung besteht in schwächeren I-Trägern und Zugstangen. Fig. 1, 5 a, 4 und 5 bilden den Uebergang zu dem eigentlichen amerikanischen Brückentypus, da hier die charakteristischen Augenstangen und Phönix-Säulen zum ersten Mal auftreten. Fig. 1 ist bis zu 10 m, Fig. 4 bis zu 20 m Spannweite anzuwenden. Bei grösseren Spannweiten als 20 m kommt der in Fig. 6—10 dargestellte Brückenträger mit obenliegender Fahrbahn (Deck-bridge) oder der in Fig. 11 bis 19 gezeichnete Träger mit untenliegender Fahrbahn (Through-bridge) zur Verwendung.

LITERATUR.

Verzeichniss der benutzten Quellen.

Becker, Brückenbau. Stuttgart, Mäcken.
Heinzerling, Brücken in Eisen. Leipzig, Spamer.
Klasen, Graphische Ermittlung der Spannungen in den Hochbau- und Brückenbau-Constructionen. Leipzig, Felix.
Krohn, Resultate aus der Theorie des Brückenbaues. Aachen, Mayer.
Langer, Theorie der combinirten Brückensysteme und Dachstühle. Prag, Calve.
Löwe, Eiserne Balkenbrücken. München, Oldenbourg.
Ritter, Elementare Berechnung eiserner Dach- und Brücken-Constructionen. Hannover, Rümpler.
Schäffer & Sonne, Ingenieurwissenschaften. II. Theil, Brückenbau. Leipzig, Engelmann.
Steiner, Brückenbauten in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika. Wien, Faesy & Frick.
Weyrauch, Theorie und Berechnung der continuirlichen und einfachen Träger. Leipzig, Teubner.

X. Anlage von Fabrik- und Grubenbahnen.

Die Bahnen für Transporte im Inneren von Fabriken oder für Bergwerksanlagen, sowie zur Verbindung industrieller Etablissements mit Haupt- und Secundärbahnen werden unterschieden in solche auf starren, zwei- oder einschienigen Geleisen, einschliesslich der fliegenden Bahnen für landwirthschaftliche Zwecke u. a., und in schwebende Draht- und Seilbahnen. Man fasst sie gewöhnlich zusammen unter dem Namen „Tertiärbahnen" zum Unterschiede von den Bahnen für locale Zwecke von grösserer Bedeutung, welche man Secundärbahnen nennt (siehe Seite 143, Bd. II).

Die Bahnen der ersteren Art können auf sehr verschiedene Weise hergestellt sein; entweder sind sie nach Art der gewöhnlichen Eisenbahnen mit zwei Schienen, jedoch bedeutend leichter und billiger, gebaut oder sie weichen von diesen ganz ab und erhalten nur eine Schiene in der Mitte, welche als Tragschiene dient, während die Treibräder ausserhalb derselben laufen. Dadurch wird der zu überwindende Zugwiderstand natürlich bedeutend verringert, während die Adhäsion der Treibräder eine grössere als auf Schienen ist.

Der Betrieb kann entweder mittelst Dampfkraft stattfinden, wobei sowohl Locomotiv- als auch Seil- oder Kettenbetrieb angewendet wird, oder auch durch Zugthiere. Der Transport durch Zugthiere auf Schienen gewährt gegenüber dem Transport auf gewöhnlichen Strassen den Vortheil, dass ein Zugthier bei gleicher Anstrengung ungefähr das zehnfache Quantum fortbewegen kann.

A. Feste eiserne Schienenbahnen.

Die im Capitel „Eisenbahnbau" S. 143 ff. erörterten Grundsätze, welche beim Bau der Hauptbahnen in Anwendung kommen, werden auch bei den hier zu betrachtenden Bahnen untergeordneter Bedeutung, wenn auch etwas modificirt, wieder in Anwendung kommen müssen. Diese Modification wird bedingt durch die grössere Sparsamkeit, welche bei der Projectirung einzuhalten ist, sowie durch die geringeren Dimensionen, kleinere Belastung und Geschwindigkeit; auch ist das Anpassen der Trace an die Oberfläche erlaubt und meist erforderlich.

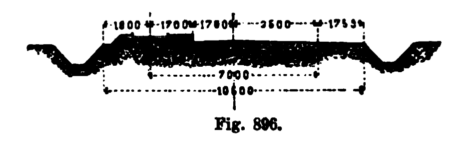


Fig. 896.

Die Kronenbreite und die Dicke der Bettung richtet sich nach dem verwendeten Material, und zwar beträgt letztere gewöhnlich ca. 100 mm, also etwa halb soviel als bei Hauptbahnen. Besondere Vortheile gewährt die Möglichkeit der Benutzung bestehender Strassen und Dämme, wodurch die Unterbaukosten zum grossen Theile wegfallen. Das Querprofil erhält bedeutend geringere Dimensionen, weicht jedoch ausserdem nur dadurch von den auf Seite 144 gezeichneten ab, dass die Bahnen meist eingeleisig gebaut werden. Fig. 896 stellt die Anordnung einer Bahn auf dem Strassenkörper einer Chaussee dar. Die Bahn kann entweder, wie sie hier gezeichnet ist, gegen das Niveau der Strasse erhöht werden, oder sie bleibt im gleichen Niveau mit derselben. Ersteres wird man stets vorziehen, wenn eine ungenügende Entwässerung des Bahnkörpers zu befürchten ist.

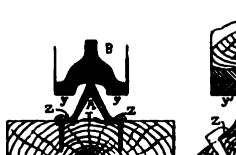
Die Grundzüge des Eisenbahnoberbaues (S. 144) werden hier insofern geändert, als die Schienen in der Regel nur eine Belastung von 3800 kg resp. 2500 kg pro Rad zu tragen brauchen. Alle Befestigungsmittel, als Stühle, Nägel etc. sollen mindestens 30 mm unter Schienenoberkante liegen. Als Schienenunterlagen sind Holz, Stein und Eisen zulässig, wobei bei Steinunterlagen noch Folgendes zu bemerken ist: In Curven von geringerem Halbmesser als 250 resp. 200 m müssen die Schienen an den Stössen so miteinander verbunden sein, dass eine Veränderung der Spurweite vollständig verhindert wird. In flacheren Curven und geraden Linien kann diese Verbindung fortbleiben, wenn die Steinwürfel ein genügendes Gewicht haben, an ihrer äusseren Seite mit Bettungsmaterial fest verstopft werden und die Neigung der Schienen erhalten. Die Spurerweiterung in Curven darf das Mass von 25 mm bezw. 20 mm nicht überschreiten.

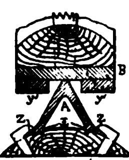
Der Oberbau kann in derselben Weise wie für Hauptbahnen auch hier angewendet werden unter Berücksichtigung der durch die verminderten Belastungen zulässigen geringeren Dimensionen; meist werden noch Schienen von dem auf Seite 144 gezeichneten Profil mit hölzernen Querschwellen verwendet. In neuerer Zeit sind mehrere Systeme mit eisernen Schwellen vorgeschlagen, von denen das durch Fig. 897 bis 899 dargestellte System Heusinger v. Waldegg am bequemsten in der Anwendung ist. Dasselbe

besteht aus Langschwellen a, die ähnlich den **Hilf**'schen geformt sind, mit dem Unterschiede, dass die Mittelrippe nach oben gekehrt ist. Auf die Langschwellen und über die Mittelrippe wird eine Brückenschiene gelegt und mittelst eiserner Backen c und runder Holzkeile d in einfachster Weise befestigt. Zu Ausfüllung der Höhlung im Inneren der Fahrschiene dienen eiserne Klammern, die an den Stellen der Ber festigungskeile auf die Längsrippe der Langschwelle gesteckt sind; darauf wird die Fahrschiene aufgelegt und festgekeilt.

Fig. 897—899.

Bei Gruben- und Arbeitsbahnen hat sich durch geringen Materialverbrauch, sowie durch andere bedeutende Vortheile das in Fig. 900—902 dargestellte Schienensystem von Friedrich **Hoffmann** (D. R.-P. No. 9545) bewährt. Fig. 900—901 stellen auf hölzernen Langschwellen gelagerte Schienen A dar, Fig. 902 eine solche auf Steinpflaster gelagerte und mittelst Cementmörtels befestigte Schiene. Das Profil ist nach einem gleichseitigen bezw. gleichschenkeligen Dreieck geformt, dessen untere Seite offen bleibt. Die Füsse $z\,z$ der Schiene A werden entweder mittelst Nägel oder Schrauben auf den Langschwellen oder, wie bereits erwähnt, mittelst Cementmörtels auf Steinpflaster befestigt; die Hackenleisten $x\,x$ sichern die Schiene gegen seitliche Verschiebung und gewähren ihr eine feste Stütze auf der Unterlage. Aus den Figuren ist zugleich das Profil des bei der Schiene verwendeten Radkranzes in verschiedenen Modificationen ersichtlich. Fig. 900 ist ein neues gusseisernes Profil, Fig. 901 ein solches von Schmiedeeisen; Fig. 902 zeigt einen gusseisernen Radkranz nach mehrjährigem Gebrauche. Durch die beiderseitigen Flanschen $y\,y$ werden die Wagen befähigt, auch ausserhalb der Geleise zu fahren, und, da die Räder auf ihren Achsen drehbar sind, steht der Verwendung auf gewöhnlichen Wegen keinerlei Schwierigkeit entgegen.





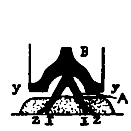
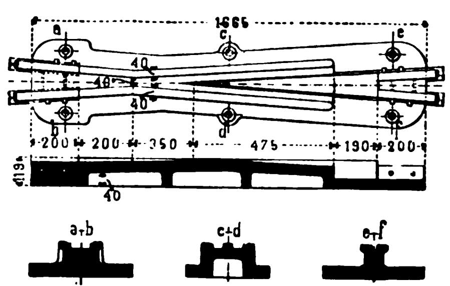


Fig. 900—902.

Ausweichungen, durch welche ganze Züge fahren, sollen in der Regel mit Radien von mindestens 80 m resp. 50 m angelegt werden; die Ueberhöhung des äusseren Schienenstranges kann hier unterbleiben. Jede Gattung von Weichen, welche den Durchgang der Betriebsmittel ohne Hindernisse gestattet, ist zulässig.

Die **Weiche**, Fig. 903—904, ist mit einem Fahrbogen von 50 m Radius angelegt bei einem Kreuzungswinkel von 7° 30′. Vor dem Kreuzungspunkt ist eine 2 m lange Gerade an den krummen Strang anschliessend angebracht. Die Zungen sind 2,8 m lang und gerade, und beträgt der Raum zwischen den Köpfen an der Weichenwurzel 40 mm. Die Breite der Spurkranzrille bei den Zwangschienen beträgt 29 mm.

Fig. 905—909 zeigen die Construction des Hartgussherzstückes.



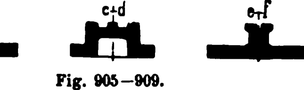


Fig. 905—909.

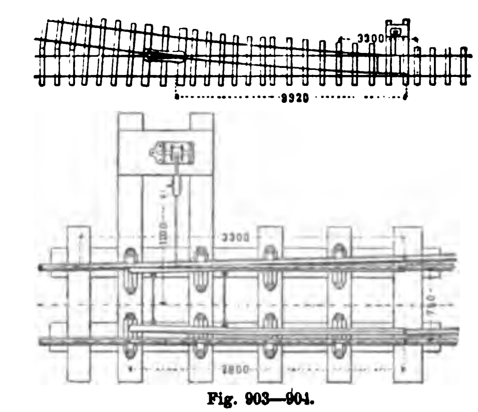


Fig. 903—904.

Die Anlage von **Drehscheiben** ist in jedem Geleise gestattet; es ist nicht nothwendig, den Drehscheiben die zum gleichzeitigen Wenden von Locomotiven und Tendern bezw. Wagen erforderliche Grösse zu geben. Eine zweckmässige Drehscheibe, die von verschiedenen Fabriken ausgeführt wird, zeigen Fig. 910 bis 911. Die obere Platte a wird durch einen mittleren Zapfen b unterstützt, der direct an den unteren Theil der Drehscheibe angegossen ist, und ausserdem an dem Umfange durch 4 Rollen c. d ist eine Klinke, um die Drehscheibe in den einzelnen Lagen festzustellen. Die Dimensionen der Drehscheiben für verschiedene Spurweiten sind in nebenstehender Tabelle enthalten.

Durchmesser D mm	Spurweite S mm	Höhe h mm	Gewicht kg
850	450	125	250
1290	750	180	500
1500	900	190	750
1700	1100	200	1000
2000	1200	250	1500
2500	1435	300	2100

Eine etwas andere Construction für 600 mm

Spurweite ist in den Fig. 912—913 ersichtlich. Die ganze Drehscheibe ist ebenfalls in eine Grube eingesetzt und besteht aus dem cylindrischen Troge *a* von Gusseisen, welcher vier konisch geformte Rollen *b* trägt, die die eigentliche Scheibe *c* tragen. In der Mitte befindet sich ein kugelförmiges Spurlager *d*, welches die Scheibe in concentrischer Lage hält. Zur Vermeidung von Stössen sind an den Kreuzungsstellen der Geleise Erhöhungen *e* angegossen, welche zur Unterstützung des Spurkranzes dienen.

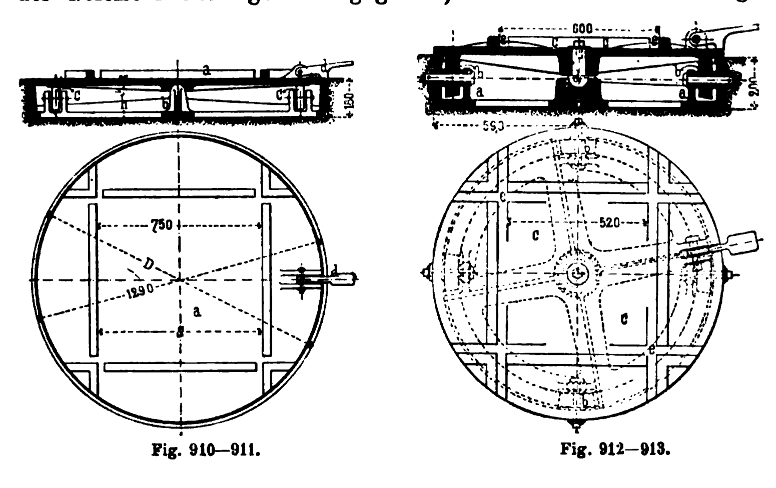


Fig. 910—911. Fig. 912—913.

Bei den zum Betriebe verwendeten Locomotiven kommt es darauf an, bei möglichst einfacher Construction eine möglichst geringe Achsenbelastung und möglichst geringes Gewicht zu erzielen. Da nun grosse Geschwindigkeiten, sowie lange Fahrten hier nicht vorkommen, gilt bei der Construction derselben gewöhnlich als Hauptaufgabe: „leichtes Befahren scharfer Curven und starker Steigungen.“

Die Locomotiven werden fast ausschliesslich als Tenderlocomotiven gebaut. Die Gewichtsvertheilung derselben ist je nach der Tragfähigkeit der Schienen zu bemessen und so zu bewirken, dass die Last pro Achse in der Regel bei 1 m Spurweite im Maximum 7600 kg, bei 0,75 m Spurweite 5000 kg beträgt. Ausser der auch für andere Locomotiven vorgeschriebenen Dampfpfeife soll jede Locomotive, wenn eine durchgehende Bahnbewachung nicht stattfindet, mit einfacher Signalglocke versehen sein.

Auf Tafel 7 Bd. II sind verschiedene Constructionen von Locomotiven für Schmalspurbahnen veranschaulicht. Zunächst stellen Fig. 1—4 eine Locomotive für 0,75 m Spurweite dar, wie sie von einigen Fabriken gebaut wird. Die Maschine ruht auf vier gekuppelten Schalengussrädern von 600 mm Durchmesser, deren Gusstahlachsen in der Nabe 90 mm Durchmesser besitzen. Die kupferne Feuerkiste hat eine Wandstärke von 12 mm und eine lichte Länge von 600 mm bei 480 mm lichter Breite. Der cylindrische Kessel hat einen Durchmesser von 700 mm und eine Wandstärke von 11 mm; er besteht aus zwei Blechschüssen, an welche die Decke des Feuerkistenmantels und die des Rauchkastens in gleicher Höhe sich anschliessen.

Der Kessel ist mit einem Dom ausgerüstet, der zur Aufnahme der Sicherheits- und Abblaseventile dient. Innerhalb des Domes befindet sich das mit Regulatorschieber versehene Dampfausströmrohr von 50 mm lichtem Durchmesser, welches den Dampf beiden Cylindern durch Röhren von 45 mm Durchmesser zuleitet. Der Abblasedampf dient zur Beförderung des Zuges und strömt durch Rohre von 55 mm Durchmesser durch das für beide Cylinder gemeinschaftliche Blasrohr von 36 mm Durchmesser in den Schornstein. Die Steuerung ist eine Allan'sche Coulissensteuerung, die wegen ihrer freien Lage leicht zugänglich ist.

Die Hauptdimensionen der Locomotive sind: Cylinderdurchmesser 160 mm, Kolbenhub 300 mm, Raddurchmesser 600 mm, Dampfdruck 12 At, Wasserkästen 0,825 cbm Inhalt, Rostfläche 0,288 qm, Heizfläche: Feuerbüchse 1,833 qm, Röhren 13,649 qm, somit im ganzen 15,482 qm; Kohlenräume rechts 0,162 cbm, links 0,203 cbm, zusammen 0,365 cbm; Dienstgewicht 6930 kg.

Fig. 1 stellt eine Seitenansicht der Maschine mit durchschnittenen Theilen dar, Fig. 2 einen Horizontalschnitt nach *EF*, Fig. 3 links einen Querschnitt nach *AB*, rechts nach *CD*; Fig. 4 ist links ein Schnitt nach *GH*, rechts eine vordere Ansicht.

Zwei andere Constructionen für schmalspurige Bahnen sind in Fig. 5—8 auf Taf. 7 gezeichnet, wie sie von der Maschinenbau-Gesellschaft zu Heilbronn gebaut werden. Fig. 5—6 ist eine Locomotive mit ausserhalb des Rahmens liegenden Rädern, während die in Fig. 7—8 abgebildete Locomotive innerhalb des Rahmens liegende Räder besitzt. Man erreicht bei der Anordnung mit innerhalb des Rahmens liegenden Rädern, dass dieselbe Locomotive für verschiedene Spurweiten gebraucht werden kann, eine Eigenschaft, die bei Locomotiven, welche für Bauzwecke u. dgl. bestimmt sind, von Vortheil ist. Innerhalb des Rahmens befinden sich auch die Wasserkästen. Die Locomotive, Fig. 5—6, wird durch gewöhnliche Federn getragen, während Fig. 7—8 Spiralfedern besitzt. Die Sicderöhren sind aus Holzkohleneisen und haben 40 mm lichte Weite.

Der Schwerpunkt der Locomotive liegt sehr niedrig, und der Bewegungsmechanismus sowie die Federn sind sehr leicht zugänglich; die Theile des Bewegungsmechanismus sind wegen ihrer tiefen Lage leicht Beschädigungen ausgesetzt. Vorn und hinten sind die Rahmen mit sehr hohen Bufferbohlen ausgestattet, welche bei Entgleisungen einigermassen die Cylinder schützen können. Die Steuerung der

Maschine, Fig. 5—6, ist nach Heusinger v. Waldegg, die der zweiten, Fig. 7—8, nach Stephenson ausgeführt. Erstere ist unter I in der folgenden Tabelle angegeben, während letztere nach den in Klammern stehenden Massen der No. III der Tabelle, im übrigen dagegen der No. II entspricht. Die Locomotiven werden nach 7 verschiedenen Modellen gebaut, wie sie in nachstehender Tabelle zusammengestellt sind.

Modell No.	Pferdestärken	Cylinder-Durchm. mm	Kolbenhub mm	Raddurchm. mm	Dampf-Ueberdr. At	Heizfläche feuerberührte qm	Heizfläche wasserberührte qm	Rostfläche qm	Achsenstand mm	Kohlenvorrath kg	Wasservorrath l	Gewicht der leeren Maschine kg	Gewicht der Masch. im Dienst kg	Kleinste Spurweite mm
I	10	140	170	420	8	7,35	8,00	0,16	1000	50	250	2400	3000	500
II	20	180	270	550	9	12,48	13,90	0,23	1260	150	500	5200	6000	500
III	30	200	300	610	9	15,44	15,70	0,27	1260	200	700	6200	7500	600
IIIa	35	220	300	660	9	16,85	18,78	0,27	1260	200	750	6500	8000	800
IV	45	230	350	720	9	21,67	24,15	0,37	1560	350	1200	8500	11000	700
IVa	45	230	360	780	9	21,67	24,15	0,37	1560	400	1400	9200	12000	1000
V	60	250	360	780	9	27,20	30,20	0,50	1560	500	1500	10500	13500	1000

Fig. 914 giebt die Construction einer Locomotive mit verticalem Kessel, wie sie von den Harzer Werken zu Rübeland und Zorge am Harz für normale und schmale Spur angefertigt werden. Dieselbe eignet sich besonders für Zechenbahnen zum Rangiren der Kohlenzüge, zum Transport von Erzen und Kohlen für Hüttenwerke, sowie zum inneren Fabrikbetrieb etc. Es ermöglicht diese Anordnung den Bau einer kurzen compendiösen Maschine und einen geringen Radstand, wodurch scharfe Curven leicht passirt werden können. Bei gleicher Lastvertheilung für beide Achsen und Räder erreicht man durch den verticalen Kessel noch eine günstigere Ausnutzung der Heizfläche der Sicderöhren als bei horizontalem Kessel, da diese sich nicht durch Flugasche vollsetzen.

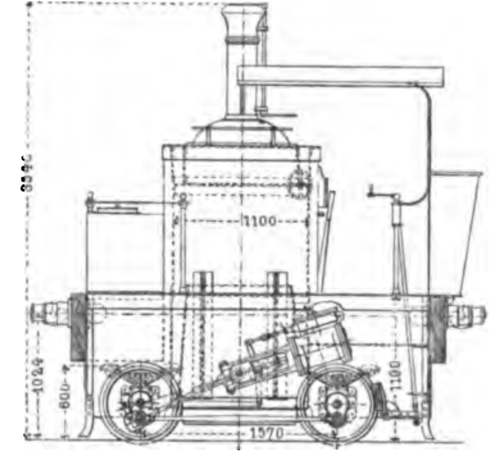


Fig. 914.

Auf jeder Seite des Kessels sind zwei vertical stehende Träger angenietet, welche sich gegen und auf den Rahmen der Maschine legen und mit diesem durch Schrauben verbunden sind. Der Kessel besitzt 104 Siederöhren von 45 mm innerem und 51 mm äusserem Durchmesser, welche nebst der Feuerbüchse bis zum tiefsten Wasserstande 10,86 qm Heizfläche repräsentiren. Ueber der oberen Rohrplatte liegt ein 300 mm hoher Rauchkasten, der seitlich vom Dampfe umspült wird. Eine kuppelförmige gusseiserne Decke mit aufgeschraubtem gusseisernen Schornstein schliesst den Raum nach oben ab. Der ringförmige Raum um die Rauchkammer ist durch viele kleine Löcher mit dem Kessel in Verbindung, sodass er eine Art abgeschlossenen Domes bildet, auf dem die Kesselarmatur angebracht ist. Der Wasserkasten ist vor dem Kessel angeordnet, während sich der Kohlenkasten auf der anderen Seite hinter dem Führerstand befindet.

Die geneigt über den Hinterrädern ausserhalb liegenden Cylinder treffen mit ihrer Mittellinie die Vorderachse. Die Steuerung ist eine sehr einfache mit nur einem Excenter. Die Umsteuerung geschieht durch einen besonderen Schieber, der die Function der Dampfeinströmungs- bezw. Dampfausströmungs-Canäle wechselt. Die Maschinen werden in folgenden Dimensionen gebaut bei 8 At Ueberdruck im Kessel:

Modell-No.	Radstand mm	Cylinder-Durchmesser mm	Kolbenhub mm	Leistung Horizontal kg	Leistung bei 1:100 Steigung kg	Heizfläche qm	Rostfläche qm	Spurweite mm
I	1568	155	250	100000	30000	8,00	0,2	1435
II	1568	200	250	150000	42000	10,86	0,27	1435
III	1568	250	250	250000	80000	17,09	0,427	1435
IV	1568	285	360	400000	125000	25,00	0,625	1435
V	1078	111	183	35000	12500	5,07	0,127	< 1435

Eine andere Construction einer Locomotive mit stehendem Kessel ist die in Fig. 915—916 dargestellte Werkstätten-Locomotive der Gesellschaft John Cockerill in Seraing. Der Dampfkessel ist, wie aus der Zeichnung ersichtlich, ein Röhrenkessel von 1,10 m Durchmesser, bei einer Höhe von 1,83 m. Er enthält 36 eiserne Röhren von 63 mm äusserem Durchmesser und 800 mm Länge. Die totale Heizfläche beträgt 5,06 qm und die Rostfläche 0,68 qm. Der Kessel ist für 9 Atmosphären Ueberdruck in Eisenblech von 12 mm Stärke construirt und trägt Wasserstandszeiger, Manometer, Dampfdruckregulator, Alarmpfeife etc. Die Speisung findet mittelst eines Giffard'schen Injectors statt.

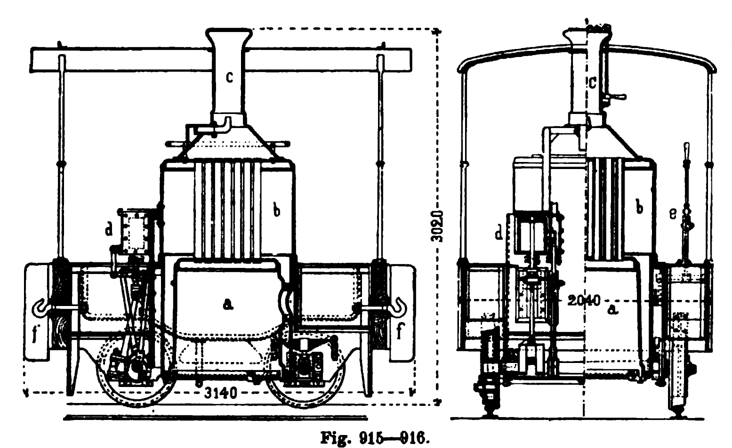


Fig. 915—916.

Der Kessel wird mittelst Winkeleisen von einem Rahmen getragen, der auf vier gekuppelten Rädern von 600 mm Durchmesser und 1500 mm Achsenentfernung ruht. Zu beiden Seiten befinden sich die Gefässe für Wasser und Kohlen, welche 620 l Wasser und 180 kg Kohlen aufnehmen können. Die beiden Cylinder sind vertical und am Kessel befestigt (Cylinderdurchmesser 200 mm, Hub 250 mm). Die Kolbenstangen greifen mittelst Pleuelstangen an eine gekröpfte Welle, die mit der hinteren Achse gekuppelt ist. Die Steuerung ist eine Stephenson'sche Coulissensteuerung; das Gewicht der Maschine beträgt leer 6400 kg, im Betrieb bis zu 7900 kg. Nachstehende Tabelle giebt die Hauptdimensionen der in 3 Grössen gebauten Locomotiven an:

Modell No.	Cylinder-Durchm. mm	Kolben-hub mm	Dampf-Ueberdr. At	Zahl der gek. Räder	Achsen-stand mm	Heizfläche qm	Rostfläche qm	Wasser-vorrath l	Kohlen-vorrath kg	Aeusserste Länge der Maschine m	Aeusserste Breite m	Aeusserste Höhe über d. Schienen m	Gewicht d. Masch. im Dienst kg	Gezogene Ladung kg	Spurweite mm
I	150	200	9	4	1250	7,00	0,46	530	135	2,700	1,720	2,930	5000	60000	750—1000
II	200	250	9	4	1400	8,00	0,68	675	195	3,220	2,110	3,150	7500	90000	1000—1435
III	250	250	9	4	1600	20,00	0,83	3000	400	3,740	2,760	3,425	10000	160000	1435

Die Wagen werden je nach den verschiedenen Transportgegenständen und Verhältnissen einer Bahn verschieden construirt. Für Erze, Kohlen etc. bestehen sie gewöhnlich aus einem viereckigen Kasten, welcher je nach der zu transportirenden Menge an Kohlen oder Erz, sowie nach der Ausführung der Bahn und den Steigungsverhältnissen bis zu 10 Ctr. oder darüber fasst. Der Kasten sitzt bei gewöhnlicher Construction auf zwei festen Achsen, welche an ihren Enden gut abgedrehte Zapfen mit Muttern haben, auf denen sich die Naben der Räder drehen können, oder die Achsen sind nach Art der bei den normalspurigen Wagen angewendeten Constructionen angeordnet mit innen- oder aussenliegenden Achslagern und fest auf die Achsen gekeilten Rädern. Die Wagen sind mit Bufferhölzern an jedem Ende versehen, welche auf die Buffer der verwendeten Locomotive passen.

Die Anzahl der Bremsen in einem Zuge ist nach den Steigungsverhältnissen der Bahn zu bemessen und variirt dementsprechend sehr beträchtlich. Während auf einigen Bahnen jeder Wagen mit einer Bremse ausgerüstet ist, ist bei anderen Bahnen zuweilen, ausser der Bremse der Locomotive, nur eine Bremse im ganzen Zuge vorhanden. Tragfedern besitzen die Wagen gewöhnlich nicht; wo es die Beschaffenheit der Transportgegenstände erfordert, werden die Wagenkasten wohl mit Kautschuk-Unterlagen versehen.

Fig. 917—918 stellen einen einfachen Wagen dar, welcher, ganz in Holz construirt, besonders zum inneren Transport in Fabriken benutzt wird und keinen Wagenkasten besitzt, da die mit demselben zu befördernden Gegenstände meist aus grösseren Stücken (Maschinentheilen etc.) bestehen.

Der in Fig. 919—924 dargestellte Wagen dient zum Transporte von erdigen Materialien, wie Sand u. dgl., und ist deshalb zum Kippen nach hinten eingerichtet. Der 0,57 m hohe und 2,1 m im Quadrat haltende Kasten A ist auf dem starken Rahmen B befestigt, welcher sich auf dem eigentlichen Wagengestell C mittelst eines durchgehenden Bolzens dreht. Das sehr solid construirte Gestell des Wagens ist erheblich kürzer als der obere Rahmen, um dem Kasten beim Kippen Platz zu geben. Der Wagen wird von drehbaren Achsen getragen, welche zur Aufnahme der gusseisernen Räder mit kreuzförmigen

Speichen dienen. Eine einfache, aber wirksame Bremse zum gleichzeitigen Bremsen beider Achsen kann durch Bewegen des Hebels *a* mit der Hand von einem auf dem Wagen befindlichen Arbeiter leicht in Bewegung gesetzt werden; dieselbe ist nur an einer Seite des Wagens angebracht.

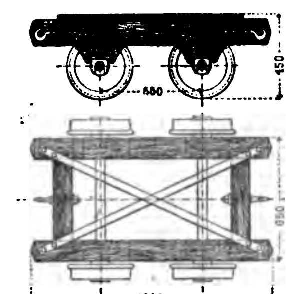


Fig. 917—918.

Für manche Zwecke ist ein Kippen des Wagenkastens nach hinten unstatthaft, besonders wenn die Wagen in längeren Zügen zu transportiren sind; in solchen Fällen leistet der in Fig. 925—928 dargestellte Wagen gute Dienste. Derselbe besteht aus einem Kasten *A* von ca. 0,5 m Höhe, 1,3 m Breite und 2 m Länge, dessen Vorder- und Hinterwände durch eiserne Streben versteift sind, da dieselben beim Transport auf starken Steigungen sehr in Anspruch genommen werden. Der Kasten *A* ruht mit gusseisernen Lagerstücken auf den entsprechend gebildeten Lagerstücken des unteren Gestelles *C*, welche eine Bewegung des Kastens nach der Seite gestatten, jedoch nach vorn oder hinten verhindern. Die zur Aufnahme der Lager dienenden Balken *B* sind mit dem Gestell *C* solid verschraubt, welch letzteres im Gegensatz zu der vorherbeschriebenen Construction zur Aufnahme der Kuppelungsvorrichtung dient, während bei der ersteren der obere Rahmen *B* direct gekuppelt wurde. Das Untergestell ist dem des vorhergehenden Wagens ähnlich construirt; abweichend ist nur die Befestigung *D* des Kastens gegen seitliches Kippen, die etwas grösser gezeichnet ist.

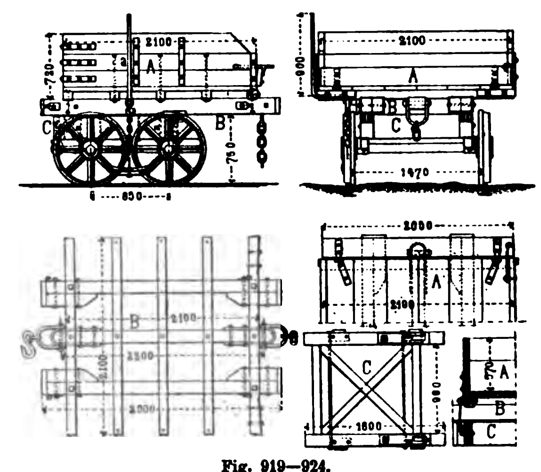


Fig. 919—924.

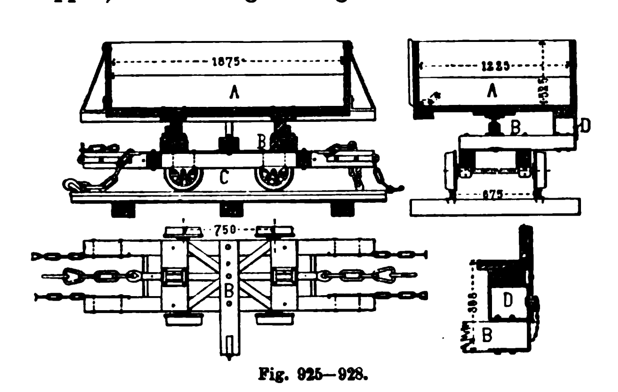


Fig. 925—928.

Das Entladen der Wagen durch Kippen des Kastens ist in vielen Fällen unausführbar; auch wird mit der Arbeit des Entladens gewöhnlich der Zweck verbunden, das Material in normalspurige Eisenbahnwagen überzuladen. Man erreicht dieses durch Anwendung von Kreiswippen, in welchen der ganze Wagen (jetzt mit festem Kasten versehen) gekippt wird, um das Material auszuschütten. Diese Wippen sind entweder fest, d. h. an eine bestimmte Entladestelle gebunden, oder sie sind fahrbar und können auf der Absturzbühne an jeder Stelle benutzt werden. Man erreicht mit letzteren den Vortheil, dass man mit einer geringeren Anzahl auskommt als bei Anwendung fester Kreiswippen.

Die in Fig. 929—930 gezeichnete fahrbare Kreiswippe, welche sich auf Schienengeleisen bewegt, besteht aus einem von 200 mm hohen I-Eisen gebildeten Rahmen, welcher auf vier mit doppeltem Spurkranz versehenen gusseisernen Rädern bewegbar ist. Auf dem hinteren Träger sitzt ein gusseiserner Stuhl, welcher einen festen Drehpunkt für den umzukippenden Wagen abgiebt. An dem vorderen Träger sind auf festen Achsen drehbar zwei Laufrollen angebracht, auf welchen sich der eigentliche Wippenkörper bei der Umdrehung abrollt. Derselbe wird aus zwei sich einander gegenüber liegenden, gleich grossen schmiedeeisernen Ringen *b* gebildet, welche mittelst Winkel- und Flacheisen gegeneinander in ihrer Lage festgehalten werden. Unten und in der ungefähren Mitte ihrer Höhe tragen sie zwei Paar weitere starke Winkeleisen, deren eines Paar *c* als Geleise für die Wagen *d* und deren anderes Paar *e* als Sicherung

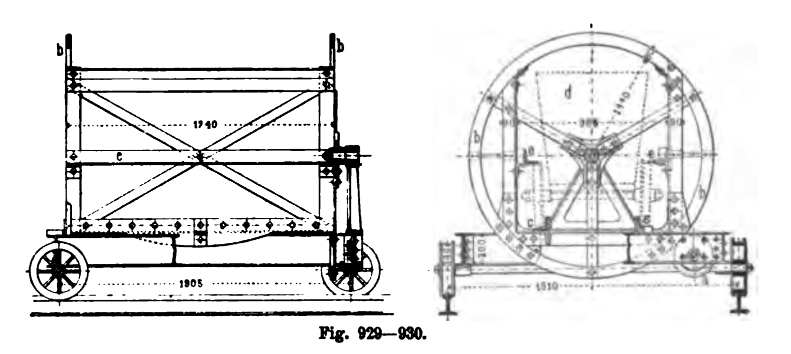


Fig. 929—930.

derselben gegen das Herausfallen beim Umkippen der Wippe dient. Der hintere Ring besitzt ausserdem ein Kreuz aus Gusseisen, welches in der Mitte eine Bohrung hat, die genau über den in obenerwähntem gusseisernen Stuhle festsitzenden Zapfen als Drehpunkt des Ganzen passt.

Die Verhältnisse der Wippe sind so gewählt, dass, wenn der leere Wagen in die Wippe hineingeschoben ist, der Schwerpunkt des Systems nicht in der Drehaxe des Ganzen, sondern etwas unterhalb derselben liegt, wodurch die Wippe das Bestreben hat, nach geschehenem Umkippen von selbst in ihre normale Lage zurückzukehren. Um die dann folgenden Pendelschwingungen aufzuheben, ist auf dem vorderen Träger der Wippe ein Bremshebel angebracht, welcher sich beim Anziehen gegen die Peripherie des vorderen Wippenringes presst und dadurch hemmend wirkt.

Abgesehen von der Benutzung der bis jetzt beschriebenen grösseren Wagen verwendet man stets eine grössere Anzahl kleinerer Wagen, die auf denselben Geleisen fahren und nur von Arbeitern bewegt werden; dieselben dienen zum Transport von Materialien und Producten zu den einzelnen Arbeitsplätzen und sind je nach ihrem speciellen Zwecke verschieden construirt. Fig. 931—932 geben die Zeichnung eines Förderwagens für Coakstransport, wie er zum Befördern von Coaks zu den Eisenhochöfen verwendet wird. Auf einem Gestell *B* mit festen Achsen befindet sich drehbar um horizontale Zapfen *C* ein vierseitiger Blechkasten *A* mit drei vertical auf dem Boden stehenden und einer schrägen zum Ausschütten geeigneten Seite. Der Drehpunkt ist in seiner Lage zum Schwerpunkt des gefüllten Wagens so gewählt, dass es einer ganz unerheblichen Kraftanstrengung bedarf, um den Wagenkasten umzukippen.

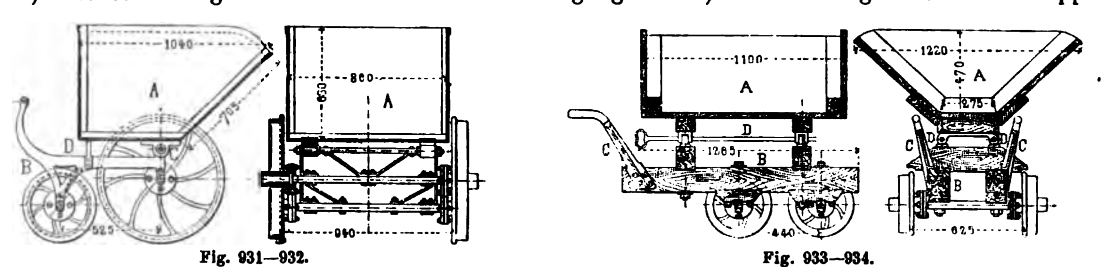


Fig. 931—932.

Fig. 933—934.

Der zum Transport von Erzen geeignete Förderwagen, Fig. 933—934, zeigt eine etwas abweichende Bauart. Während der Coakswagen nach vorn überstürzt, lässt sich der Erzkarren nur nach der Seite umschlagen und kann dieses nach Belieben nach rechts oder links geschehen. Der Boden des Kastens *A* trägt zwei Bügel mit je zwei scherenartig angeordneten Laschen, die je eine an dem Wagengestell *B* feste Scharnierlasche umschliessen und mit derselben durch einen langen, eingesteckten, die Scharnierachse bildenden Schlüssel *D* sicher verbunden werden. Da zwei solcher Schlüssel *D* vorhanden sind, kann man nach Bedarf rechts oder links die Verbindung lösen und links oder rechts das Scharnier belassen, also nach beiden Seiten hin den Wagen (um 90°) umklappen. Diese Einrichtung ist bedingt durch die Nothwendigkeit, beim Begichten des Hochofens ohne viel Arbeit mit dem Aufgeben der Materialien zu stande zu kommen.

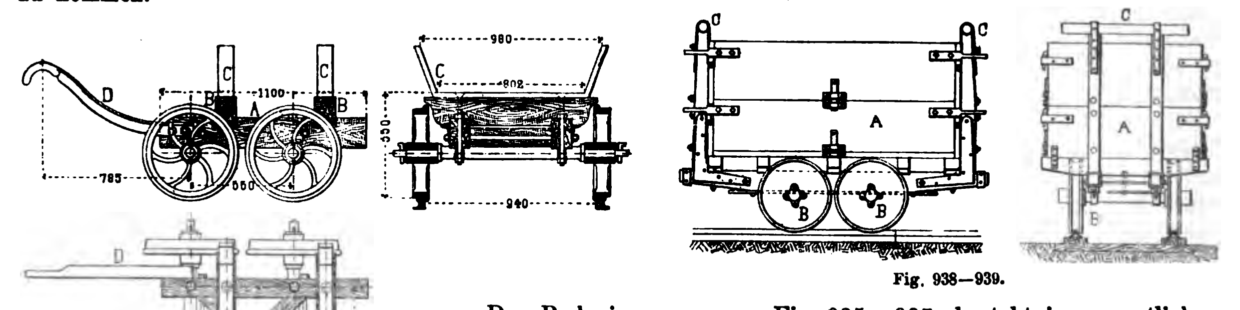


Fig. 935—937.

Fig. 938—939.

Der Roheisenwagen, Fig. 935—937, besteht im wesentlichen aus einem starken Gerüst *A* mit festen Achsen, Deichsel *D* und zwei auf *B* befestigten gabelartig offenen Satteleisen *C* zum Festlegen der Roheisenbarren.

Fig. 938—939 stellen einen Wagen dar, welcher mit den in Fig. 900—902 auf Seite 163 abgebildeten, zu dem Hoffmann'schen Oberbau gehörigen Rädern *B* versehen ist; derselbe eignet sich hauptsächlich für Erdtransport, sowie zum Steintransport für Ziegeleien. Für letzteren Zweck werden die Breter auf beiden Seiten des Kastens *A* ausgehoben, sodass nur die Plattform und die Vorder- und Hinterwand auf dem Untergestelle bleiben. Der Wagen wird durch Arbeiter bei *C* durch Schieben in Bewegung gesetzt.

B. Leicht transportable Eisenbahnen.

Für viele Zwecke ist die Anwendung festliegender Geleise unthunlich und ist man daher zu Anlagen gezwungen, welche es gestatten, ohne viel Zeitverlust das Geleise an einen anderen Ort zu verlegen, ohne zu diesem Zwecke kostspieliger und zeitraubender Unterbau-Arbeiten zu bedürfen. Von diesen besonders für die Landwirthschaft und für Bauzwecke wichtigen Bahnen hat sich am meisten das System Decauville bewährt und wollen wir uns darum auf die Beschreibung dieses einen Systems beschränken.

Bei dieser von dem Erfinder „Transporteur Decauville" genannten Bahn bilden die Schienen mit den Traversen resp. den Schwellen und Laschen ein Stück, sodass das Legen, Aufheben, Transportiren und Wiederlegen des Schienenstranges mit grosser Geschwindigkeit erfolgen kann. Die zu befördernde Fracht wird hierbei in Partieen von 300 bis 400 kg transportirt. Der Schienenstrang, dessen Schienen 40 mm Höhe, 20 mm Kopfbreite, 55 mm Fussbreite und 5 mm Stegdicke besitzen, ist aus einzelnen Jochen von 5 m, 2,5 m und 1,25 m zusammengesetzt und kann, festliegend verwendet, im Maximum mit bis zu 2000 kg befrachteten Wagen belastet werden.

Die Spurweite beträgt gewöhnlich 400 mm, zuweilen auch 500 oder 600 mm, wenn das Geleise seltener abgehoben zu werden braucht. Die Schienen sind in Abständen von 1,25 m auf Traversen aufgenietet, welche für eine Spurweite von 400 mm aus Flacheisen von 800 mm Breite und 5 mm Dicke bestehen. Jede Traverse ist mit zwei Löchern, durch welche Bolzen zum Befestigen von Bretern gesteckt werden können, für den Fall versehen, dass man lose aufgeschüttete Erde zu überschreiten hat, oder das Geleise, wenn es definitiv liegen bleiben soll, auf vorher in den Erdboden gelegte Holzschwellen aufzuschrauben ist. Es genügt, auf dem Platze, den das Geleise einnehmen soll, eine Ausgrabung von 50 mm Tiefe herzustellen, in welche man die geraden Strecken, Curven und Kreuzungen eine an die andere legt, während man dort, wo das Geleise von Fuhrwerk überschritten wird, den Zwischenraum mit Asphalt, gestampfter Erde oder Steinschlag ausfüllt. Die Vereinigung der Schienen geschieht durch einfaches Aneinanderlegen der Enden der einzelnen Joche. Eins dieser Enden trägt angenietete Laschen, während das andere glatt abgeschnitten ist, und es werden die Laschen einfach unter den Schienenkopf des stumpfen Endes geschoben.

Fig. 940.

Fig. 941.

Fig. 942—943.

Fig. 944—945.

Fig. 946—947.

Ueberschreiten die Geleise eine Strasse, so wendet man transportable Wegübergänge an, Fig. 941, welche aus Eichenbohlen gebildet, auf den Traversen sowie auf deren Verlängerungen aufgeschraubt werden. Die Weichen werden durch ein Joch von 1,25 m Länge repräsentirt, das als bewegliche Weichenzunge vor der vollständigen Kreuzung liegt, Fig. 940. Dieselbe wird einfach mit dem Fusse auf der etwas breiteren Traverse bewegt. Das Herzstück der Kreuzung ist aus Hartguss und hat jede Kreuzung zwei getrennte Ankunfts- und Abgangsschienen.

Fig. 942 — 943 zeigen eine bei dem Transporteur Decauville verwendete Drehscheibe. Dieselbe besteht aus zwei übereinander liegenden Platten, von denen die untere, aus Blech bestehende Platte den Zapfen trägt sowie die Knaggen *e* zum Anhalten, die Abgänge der Geleise und vier runde Eisenstücke, die als Rollen dienen. Die obere Platte *D* ist aus Gusseisen und nach oben noch durch Rippen verstärkt. Die Drehscheibe wird direct auf den Erdboden gelegt und wiegt 80 kg. Fig. 944 — 945 zeigen eine mit Verstärkungsrippen nach unten versehene Platte aus Gusseisen, welche auch ins Geleise eingelegt wird, um Fahrzeuge mit kurzem Radstand und losen Rädern im rechten Winkel drehen zu können.

Die Wagen der Decauville'schen Eisenbahn sind mit vier Rädern versehen und aus I-Eisen gefertigt. Zwei Blechplatten, an jedem Ende durch Winkel verbunden, sind auf den Längsträgern aufgenietet und dienen als Plattform. Bei landwirthschaftlichen Arbeiten ist die Anwendung von Tragkörben *C* mit Handhaben *C'*, Fig. 946 — 947, zweckmässig, welche aus Flach- oder Rundeisen construirt und auf die Plattform des Wagens gestellt werden. Fig. 950—951 stellen einen Transportwagen für Scheitholz u. dgl.

dar; derselbe ist ganz in Eisen construirt und durch einfaches Herausziehen der Stützen *s* zum Kippen nach der Seite eingerichtet.

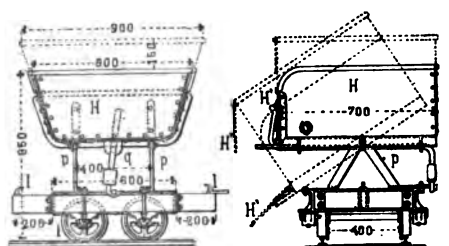


Fig. 948—949.

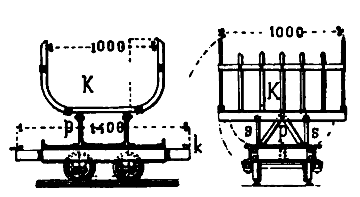


Fig. 950—951.

Einen Wagen für erdige Materialien zeigen Fig. 948—949. Das Untergestell ist ebenso construirt wie bei dem vorhergehenden Wagen. Der Kasten *H* ruht mittelst Zapfen und zweier Stützen *p* auf dem Wagengestell *J* und wird durch den Haken *q* am Umkippen gehindert. Der Kasten fasst 0,2 cbm und kann dessen Fassungsraum durch die punktirte Erhöhung auf 0,3 cbm vergrössert werden.

C. Drahtseilbahnen.

Bei den Drahtseilbahnen wird die zu fördernde Last, in kleine Partieen von 50 bis 250 kg Gewicht vertheilt, continuirlich auf über dem Erdboden ausgespannten und in geeigneter Weise unterstützten Drahtseilen zum Bestimmungsorte geleitet, welcher oft in beträchtlicher Entfernung von dem Aufgabeorte gelegen ist. Man kann die Drahtseilbahnen in zwei wesentlich voneinander verschiedene Systeme eintheilen: 1. Seilbahnen mit endlosen Seilen, welche sich mit den zu transportirenden Lasten bewegen, und 2. Seilbahnen mit festen Seilen, auf welchen die Lasten mittelst besonderer Zugseile transportirt werden. Da die nach dem ersteren Systeme gebauten Bahnen (nach ihrem Erfinder Hodgson'sche Drahtseilbahnen genannt) viele Uebelstände zeigen und sich in der Praxis nicht recht bewährt haben, so können wir dieselben hier übergehen.

Die Seilbahnen der zweiten Art entstanden aus den beim Forstbetriebe in Gebirgsländern vielfach benutzten Drahtriesen, d. h. geneigt gespannten Drahtseilen, an welchen das herabzubringende Holz mittelst Rollwagen aufgehängt ist und durch seine Schwere herabgleitet, während die leeren Rollwagen mittelst eines Hilfsseiles an dem nämlichen Seile, und zwar durch die bergab laufenden Lasten, in die Höhe geführt werden.

Von den verschiedenen Constructionen dieser Drahtseilbahnen soll hier nur das der Firma Adolf Bleichert in Leipzig patentirte System als das beste und practisch vorzüglich bewährte besprochen werden. Die Laufbahn wird durch zwei nebeneinander ausgespannte Drahtseile, die Laufdrähte, gebildet, welche an dem einen Ende der Bahn fest verankert, an dem anderen durch über Rollen wirkende Gewichte in einer ihrem Querschnitte entsprechenden Spannung erhalten werden. Zwischen den beiden Endpunkten der Bahnlinie werden die Laufdrähte durch hölzerne oder eiserne Unterstützungen getragen, deren Höhe und Entfernung voneinander den Terrainverhältnissen angepasst werden. Letztere variirt zwischen 10 bis 300 m, beträgt jedoch gewöhnlich 20 bis 30 m.

Die Unterstützungen werden durch eine hölzerne Säule mit Querhaupt gebildet, wie es die Zeichnungen auf Taf. 8, Bd. II erkennen lassen. Die Laufseile werden in kleinen gusseisernen Schuhen, Fig. 22 und 23, Taf. 8, so gelagert, dass die Wagenräder bequem passiren können, wie auch infolge der bogenförmigen Construction der Auflagerschuhe ein Knicken des Seiles nicht eintritt. Die Höhe der Unterstützungen richtet sich nach dem Terrain und schwankt zwischen 4 und 40 m, doch werden sie stets so hoch genommen, dass die Lauf- und Zugseile den freien Verkehr unter denselben in keiner Weise hindern. Bei Strassen- und Wegüberführungen ist unter der Seilbahn immer eine leichte Schutzbrücke angebracht, um Unglücksfälle durch Reissen der Seile oder durch Herausfallen einzelner Laststücke zu verhüten. Fig. 3 bis 4 auf Taf. 8 zeigen eine Unterstützung für Höhen von 14 bis 30 m.

Die Laufseile werden in Längen von ca. 200 m hergestellt und untereinander durch Kuppelungsmuffen verbunden, wie es Fig. 29—30, Taf. 8 erkennen lassen. Die Verbindung geschieht in folgender Weise: Auf jedes Ende (a und a_1) des Seiles wird eine konische stählerne Büchse (b und b_1) geschoben, welche an dem einen Ende ein inneres Gewinde trägt; das Seil wird dann auf eine Länge von ca. 200 mm abgebunden und aufgedreht, die Drähte werden vollkommen metallisch gereinigt und hierauf verzinnt. Die Drähte des Seiles werden sodann zu einem konischen Bündel zusammengedrückt, die Büchse wird auf das Ende geschoben, stark erwärmt und hierauf der noch bestehende leere Raum zwischen den Drähten und der Büchse bis zum Gewinde mit Composition ausgegossen. Die Kuppelung erfolgt dann durch den Bolzen c mit linkem und rechtem Gewinde.

Bei sehr grosser Länge der Bahn ist noch eine mittlere Verankerung der Laufseile nöthig und geschieht dieses in der aus Fig. 5—6 und Fig. 24—26 ersichtlichen Weise. Die beiden Enden werden

durch eine ähnliche Muffe, wie Fig. 29 und 30 zeigen, verbunden (s. Fig. 24) und ausserdem durch einen schmiedeeisernen Bügel, Fig. 25, solid gelagert. Zu beiden Seiten dieses Bügels befinden sich noch zwei aus Winkeleisen angefertigte Bügel, Fig. 26, zur Entlastung der Verbindungsstelle. Die Verankerung geschieht an einem Gerüste, dessen Construction Fig. 5—6 zeigen.

Die Stärke der Laufseile variirt zwischen 20 und 40 mm, je nach den Steigungsverhältnissen und Belastungen. Zuweilen wird statt der Laufseile auch Rundeisen angewendet, das zu Längen von ca. 50 m zusammengeschweisst wird. Die Spannvorrichtung der Laufseile wird gewöhnlich in der Art construirt, wie es in Fig. 18—19 gezeichnet ist. An dem einen Ende jedes Seiles ist mittelst einer Kette je ein Kasten befestigt, welcher nun mit dem nöthigen Gewichte belastet wird. Die Kette wird über die Rollen eines Bockes geführt und mit dem Seile in der durch Fig. 20—21, Taf. 8, veranschaulichten Weise verbunden. Die dabei angewendete konische Muffe wird ebenso befestigt wie die Hülsen bei dem Kuppeln zweier Seile.

Das Zugseil wird bei stark ansteigenden Bahnen aus Gusstahl, bei horizontalen Strecken, resp. solchen mit wenig Gefälle, aus Eisen, in Litzenconstruction mit Hanfseele hergestellt und ist ein Seil ohne Ende, welches an den Stationen um horizontale Seilscheiben läuft, die in den Rinnen meistens mit Leder gefüttert sind; es wird ebenfalls durch Gewichte in Spannung erhalten und während des Betriebes nur von den Wagen unterstützt. Bei Betriebsstörungen, wenn die Wagen von der Bahn entfernt sind, legt es sich auf die in Fig. 22 und 23 gezeichneten Zugseiltragrollen, welche auf horizontalen Strecken in Entfernungen von 100 m, auf stark steigenden bis zu 30 m an einer Säule angebracht sind. Sie bestehen aus Schmiedeeisen oder Stahlblech und sind an den Unterstützungssäulen auf beiden Seiten auf Zangen befestigt. Die Stärken der Zugseile wechseln bis zu 22 mm.

Die Zugseile werden mit dem Wagen durch zwei verschiedene Kuppelungen verbunden; je nachdem die Bahn starke Steigungen besitzt oder nicht, wendet A. Bleichert einen Kuppelungsapparat mit Muffen oder einen solchen mit Klemmexcenter an. Ersterer erfordert eine mehr oder weniger grosse Anzahl stählerner Muffen auf dem Zugseile, je nach der Menge der zu transportirenden Wagen, wie auch nach der Geschwindigkeit derselben. Die Befestigung der aus Gusstahl bestehenden Muffen geschieht auf folgende Weise: Nachdem die Entfernung der Muffen bestimmt und die Stellen markirt sind, auf welchen dieselben angebracht werden sollen, wird die Hanfseele auf 30 mm Länge entfernt, die Litzen und Drähte werden auseinandergebogen und metallisch gereinigt. Nachdem dies geschehen, wird das Seil an dieser Stelle verzinnt, die Muffe auf dasselbe geschoben und ein Dorn durch Muffe und Seil gesteckt, um die Litzen, wie in Fig. 31—33, Taf. 8 ersichtlich, auseinander zu halten. Die Enden der ebenfalls verzinnten Muffe werden nun durch besondere Dichtungsringe und Lehm abgedichtet; dann wird dieselbe mittelst einer passenden Zange stark erwärmt und hierauf durch die kleinen Löcher Composition eingegossen. Nach der Abkühlung wird der Dorn herausgezogen und die Oeffnung ebenfalls vergossen.

Der Kuppelungsapparat mit Klemmexcenter für Bahnen mit geringen Steigungen ist in Fig. 952—956 dargestellt. Auf einer Traverse in der Mitte des Wagengestelles ist die Leitrolle *S* drehbar und einseitig befestigt und zur Aufnahme des Treibseiles mit Spurrinne versehen. In derselben Ebene über dieser Leitrolle liegt ein excentrisch geformtes Segmentstück *E*, dessen Peripherie ausgekehlt ist, um ein besseres Klemmen des Seiles zu bewirken. Das Segment ist um einen Zapfen *z* in *U* drehbar und kann mit *U* durch Umdrehung eines im Inneren des Gehäuses *A* gelagerten Excenters *R* bewegt werden. Auf der Achse dieses Excenters ist ein Hebel *H* befestigt, sodass man durch dessen Drehung das Segment in seine tiefste Lage bringen und das Seil einklemmen kann. Durch das Bewegen des Seiles findet ein geringes Drehen des Segmentes *E* und dadurch ein um so stärkeres Anpressen desselben an das Seil statt. Das Segment *E* ist nach beiden Seiten excentrisch, um, wenn bei geneigter Lage des Laufseiles der Wagen das Bestreben hat, dem Zugseil voranzueilen, das Lösen der Kuppelung zu verhindern. Das selbstthätige Entkuppeln des Wagens wird durch einen an der betreffenden Unterstützung angebrachten Ausrücker *h* bewirkt (Fig. 23 auf Taf. 8). Der ankommende Wagen stösst mit dem oberen Ende des Hebels *H* gegen die Ausrückerplatte *h*, dadurch findet ein Umlegen des Hebels und ein Heben des Excenters *E* statt, sodass der Wagen vom Seile gelöst ist. Der Hebel *H* ist durch ein schweres Gegengewicht in den Endstellungen gesichert.

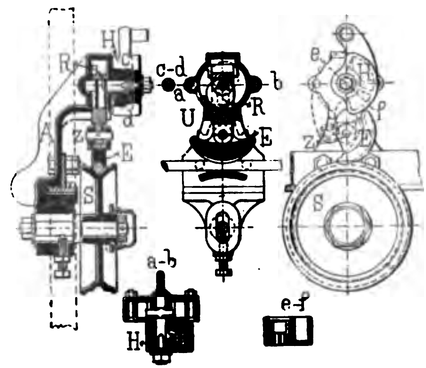
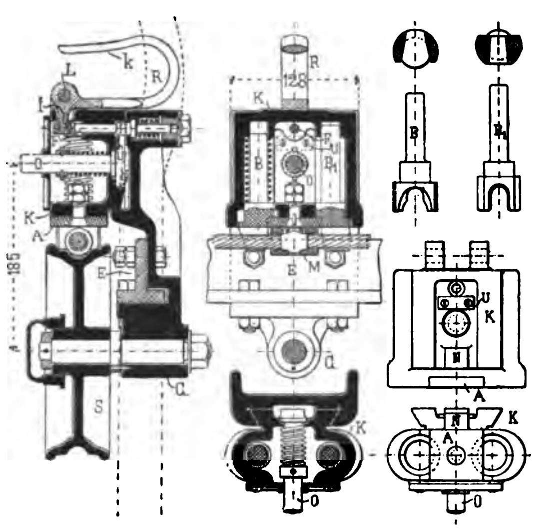


Fig. 952—956.

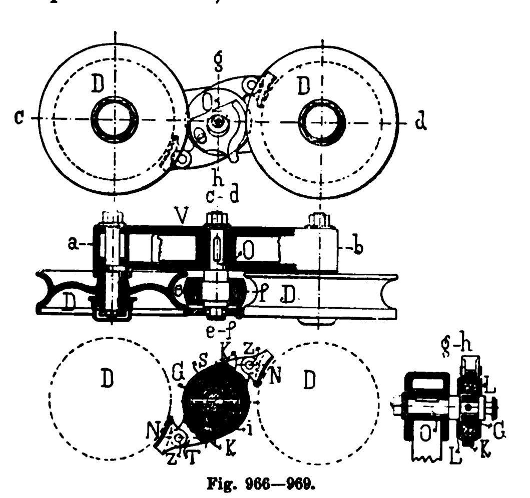
Bei Anlagen mit starken Niveau-Aenderungen wendet Adolf Bleichert, wie schon erwähnt, die in Fig. 957—965 abgebildete Muffenkuppelung an. Die zum Tragen des Zugseiles dienende Seilrolle *S* ist mit ihrem Zapfen in dem Gehäuse *G* gelagert. Dieses Gehäuse ist durch einen ⊥-Steg mit dem Wagen solid verbunden. In dem Gehäuse *G* bewegt sich in prismatischer Führung ein Schieber *K*, welcher zwei

unten mit geeigneten Fangklauen versehene verticale Bolzen *B* und B_1 trägt. Der eine davon, *B*, ist vertical verschiebbar und wird durch eine Spiralfeder nach unten gedrückt. Eine unten angeschraubte kleine Stahlplatte *A* dient zum Halten dieser Mitnehmerbolzen und verhindert zu gleicher Zeit ein Drehen um ihre eigene Axe. An dem oberen Theil des Schiebers *K* ist ein Ausrückbügel *R* um den Zapfen *L* drehbar angebracht; der kleine Arm *i* desselben bewegt den Auslösebolzen *F*, welcher gegen den Sperrstift *H* drückt. Sobald durch einen Druck gegen den Punkt *k* dieses Ausrückbügels derselbe angehoben wird, wirkt der Auslösebolzen *F* gegen den Sperrstift *H* und drückt diesen zurück. Dieser Sperrstift hat einen dreifachen Zweck: Er soll den eingerückten Schieber *K* in seiner tiefsten Stellung sichern, ferner den ausgerückten Schieber *K* in dieser Stellung zurückhalten und endlich das Ausheben des Schiebers aus dem Gehäuse verhindern, indem er sich gegen die Knagge *N* legt. Der Bolzen *F* dient zum Zurückschieben des Sperrstiftes *H*, wenn der ausgerückte Schieber *K* wieder in seine tiefste Stellung gebracht, oder der Schieber ganz aus dem Gehäuse herausgehoben werden soll.


Fig. 957—965.

Das Mitnehmen resp. Kuppeln der Wagen mit dem Zugseil geschieht auf folgende Weise: Nachdem die Wagen auf das Laufseil geführt sind und man das Zugseil in die Leitrolle *S* eingelegt hat, drückt man mittelst des Bolzens *O* den Sperrstift *H* zurück und der Schieber fällt in seine tiefste Stellung. Die Mitnehmerklauen *B*, B_1 sitzen ziemlich auf dem Rand der Rolle *S* auf. Sobald nun eine der Muffen ankommt, hebt sie, indem sie sich unter die Aussparung der Mitnehmergabel *B* legt, letztere etwas in die Höhe und schlüpft darunter hinweg. Nun stösst die Muffe sofort gegen die zweite Mitnehmerklaue B_1 und der Wagen wird vom Treibseil mitgenommen (s. Fig. 27, Taf. 8). Das Entkuppeln auf der anderen Endstation geschieht dadurch, dass der Ausrückbügel *R* (*g* in Fig. 23, Taf. 8) gegen den Ausrückbügel *h* (Fig. 23) stösst. Dadurch wird der Sperrstift *H* ausgelöst und es wird der Schieber *K* bis zu einer gewissen Höhe vom Zugseil gehoben. Der Sperrstift *H*, welcher sich beim Ausheben des Schiebers durch den Ausrücker unter die Stahlplatte *U* legt, hindert das Zurückfallen des Schiebers.

Bei Gebirgsbahnen und solchen Drahtseilbahnen, welche bei sehr starkem Gefälle Materialien bergab transportiren sollen, wendet A. Bleichert eine von ihm construirte selbstthätige doppeltwirkende Bremsvorrichtung an, welche in Fig. 966—969 dargestellt ist und welche den doppelten Zweck hat, die bergab gehenden gefüllten Wagen zu bremsen und ein Zurücklaufen der bergan gehenden leeren Wagen bei einem etwa vorkommenden Riss des Treibseiles zu verhindern. Der Apparat besteht dementsprechend aus zwei besonderen Vorrichtungen: einer Vorwärtsbremse und einer Rückwärtsbremse.


Fig. 966—969.

Die Vorwärtsbremse besteht aus einem Doppelhebel *T*, der auf dem Mittelbolzen *O* sitzt und an beiden Enden die sich in die Auskehlung der Laufräder einlegenden und um Zapfen drehbaren Bremsbacken *N* trägt. Der Doppelhebel ist centrisch ausgespart; innerhalb dieser Aussparung befinden sich einander gegenüber zwei Ansätze *K*, *K*; zwei ähnliche Ansätze hat der Mittelbolzen *O*. Die Zwischenräume zwischen den Ansätzen werden durch Gummischeiben *ss* ausgefüllt. Diese Vorwärtsbremse ist bei Montirung des Wagens so einzustellen, dass bei horizontaler Lage der Traverse die Bremsbacken *N* des Doppelhebels *T* noch in einer gewissen Entfernung vom Umfange der Laufräder abstehen; die Räder werden also bei horizontaler Bahn nicht gebremst. Sobald der Wagen auf eine geneigte Laufbahn übergeht, wird sich die Traverse der Neigung des Laufseils entsprechend schräg stellen und werden sich damit die Bremsbacken gegen die Räder legen.

Die Rückwärtsbremse besteht aus einem Doppelexcenter, welches lose und leicht beweglich auf dem Bolzen *O* zwischen den Laufrädern sitzt und einseitig mit einem Gewicht versehen ist. Das Bremsexcenter schleift bei der Vorwärtsbewegung der Wagen lose auf dem Laufrade; sobald jedoch eine Rück-

wärtsbewegung des Wagens eintreten will, klemmt sich dasselbe sofort zwischen die Bremsränder der beiden Räder fest und hemmt so die Umdrehung.

Die Wagen sind meist in der Weise angeordnet, wie die Fig. 22—23 auf Taf. 8 erkennen lassen. Auf den Laufseilen bewegt sich ein gusseisernes Räderpaar, welches mittelst einer gusseisernen Traverse *V* (s. auch Fig. 966—969) verbunden ist. In der Mitte der Traverse hängt an einem starken Bolzen ein starker schmiedeeiserner Bügel, welcher den Wagenkasten von trapezförmigem Querschnitt an zwei Zapfen in der Schwerpunktslinie fasst, sodass der Kasten leicht umgekippt und seines Inhalts entleert werden kann. Ein kleiner Bügel am oberen Ende des Gefässes dient zur Arretirung. Die Arme des Wagengehänges werden am oberen Ende durch ein ⊥-Eisen verbunden und ist in der Mitte desselben einer der in Textfig. 952—965 dargestellten Kuppelungsapparate befestigt.

Der Wagen wird in dieser Form meist zum Transport von erdigen Materialien, Kohlen, Erzen etc. verwendet und wieder, je nach den zu befördernden Gegenständen, verschieden construirt. Der in Textfig. 970—971 gezeichnete Wagen dient zum Mehl- und Getreidetransport; der obere Theil ist genau so construirt wie bei dem letztbeschriebenen Wagen. Statt der Haken zur Aufnahme des Kastens hängt jetzt ein aus Winkeleisen und Holz gebildeter Korb *w* an der Traverse *i*, welcher zur Aufnahme der Säcke dient.

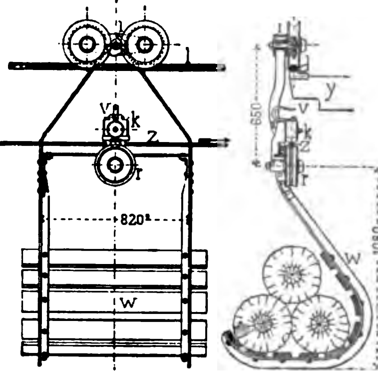


Fig. 970—971.

Das Ueberführen der Wagen von dem einen Laufseile auf das andere geschieht an den Endstationen durch sog. Weichenschienen, gebogene, entsprechend lange, auf hoher Kante stehende Schienen, auf welchen auch das Beladen und Entladen der Wagen stattfindet. Die Schienen laufen in der Richtung nach den Seilen, also an den Anschlussenden, in Zungenspitzen aus, wodurch ein sicheres Ueberführen der Wagen von den Seilen auf die Schienen und umgekehrt ermöglicht wird.

Zum Signalisiren zwischen den einzelnen Stationen dient ein elektrischer Telegraph, dessen Isolatoren auf den Unterstützungen angeschraubt sind; ebenso setzt die Muffe beim Verlassen der Seilscheibe (also vor der Einkuppelung) eine kleine Glocke in Bewegung, sodass der bedienende Arbeiter avertirt wird, den Wagen vorwärts zu schieben.

Auf Taf. 8, Bd. II, ist die von Adolf Bleichert in Leipzig nach seinem System ausgeführte Drahtseilbahn von der Grube Germania nach dem Güterbahnhof Thale am Harz dargestellt. Dieselbe dient zum Befördern von Kohlen nach dem Bahnhofe und überschreitet dabei in gerader Linie von der Beladestation ausser mehreren Wegen die Bode in einer Spannweite von ca. 70 m. Der Inhalt jedes Wagens beträgt 3 hl = 220 kg, sodass bei einer Wagenentfernung von 80 m und einer Zugseilgeschwindigkeit von $1^1/_2$ m pro Secunde in der Stunde 67 Wagen = ca. 200 hl befördert werden.

Fig. 1 zeigt das Längenprofil der Anlage und Fig. 2 die Disposition, wobei *A* die Beladestation und *B* die Entladestation am Güterbahnhof Thale ist. Die Beladestation an der Grube Germania, welche zugleich Antriebstation ist, ist in Fig. 7—10 gezeichnet. Fig. 7 ist ein Schnitt nach *lm* der Fig. 10. Die beladenen Wagen gelangen von den Füllrümpfen *P* mittelst der Weichen *O* und *R* auf das 30 mm starke Laufseil *C*, während die unbeladenen Wagen auf dem schwächeren (25 mm starken) Laufseil *M* zurückbefördert werden und bei *N* wieder auf die Weichenschienen vor die Füllrümpfe *P* gelangen. Eine kleine Dampfmaschine mit 70 Umdrehungen pro Minute dient zum Antrieb der Bahn. In Fig. 11—17 ist die Entladestation am Güterbahnhof Thale gezeichnet. Die auf dem Seil *C* ankommenden beladenen Wagen werden mittelst der Weiche *D* auf die aus Flacheisen bestehende Bahn zum Entleeren der Wagen gebracht, die über den Füllrümpfen für die Eisenbahnwagen hingeht. Sie gelangen von dort aus mittelst der Weiche *H* entweder auf das zurückkehrende Seil oder mittelst der Weiche *J* auf die über den Füllrümpfen für das Landfuhrwerk befindliche Bahn, von wo sie durch *L* wieder auf das Seil für die leeren Wagen gelangen. Die beiden Laufseile *C* und *M* werden durch zwei Gewichte *Q* von 5000 kg resp. 3500 kg in der nöthigen Spannung erhalten. Dieselben sind durch *C* und *M* mit den über Rollen gehenden Ketten C_1 und M_1 in Verbindung. Das Zugseil *Z* erhält die nöthige Spannung durch das an der Achse der Rolle von *Z* wirkende Gewicht *q* von 750 kg. Fig. 11 ist der Grundriss der Entladestation, Fig. 12 ein Schnitt nach *gh* der Fig. 11, Fig. 13 ein Schnitt nach *cd*, Fig. 14 ein Schnitt nach *ef* und Fig. 15 ein solcher nach *ab*, welcher die Füllrümpfe *G* für die Eisenbahnwagen erkennen lässt. Fig. 16 ist ein Schnitt nach *ik* und Fig. 17 eine Ansicht, um die Füllrümpfe *K* für die Landfuhrwerke zu zeigen.

LITERATUR.

Verzeichniss der benutzten Quellen.

Heusinger von Waldegg, Handbuch für specielle Eisenbahntechnik. V. Band. Bau und Betrieb der Secundär- und Tertiärbahnen. Leipzig, Engelmann.

Perels, Handbuch des landwirthschaftlichen Maschinenwesens. Jena, Costenoble.

Uhland, Der Practische Maschinen-Constructeur. Leipzig, Baumgärtner.

Wochenschrift / Zeitschrift } des Vereins deutscher Ingenieure. Berlin, Selbstverlag.

XI. Hebeapparate.

Die Hebeapparate dienen zur Förderung von Lasten in verticaler (Heben und Senken) oder in horizontaler (Verschieben, Transport) Richtung oder auch nach beiden Richtungen gleichzeitig. Sie sind sowohl für die verschiedenen Gewerbe als für die Grossindustrie unentbehrlich, sowie überhaupt für die gesammte technische Praxis von grösster Wichtigkeit und in derselben durch zahlreiche charakteristische Anordnungen vertreten. Die hier zu behandelnden Hebeapparate sind dadurch charakterisirt, dass sie zum Heben, Senken und Transport von Lasten (bis ca. 100000 kg) mit geringer Geschwindigkeit (im Max. 1,5 m) und auf verhältnissmässig geringe Strecken (Max. 80 m) Verwendung finden.

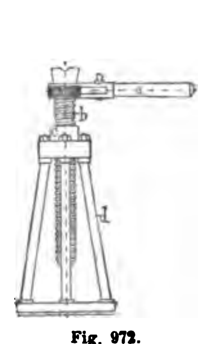
A. Hebeladen.

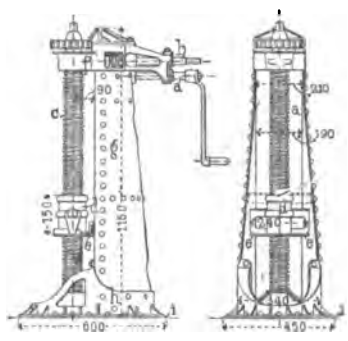
Die Hebelade besteht der Hauptsache nach aus einem Hebel, welcher durch allmähliches Höherrücken seines Stützpunktes die Hebung einer Last ermöglicht, wobei während der Versetzung dieses Hebelstützpunktes die Last in geeigneter Weise unterstützt wird. Bei der deutschen Hebelade sind die veränderlichen Drehpunkte des Hebels durch zwei Bolzen gebildet, welche man in geeignete Löcher zweier starken Pfosten steckt, während bei der französischen Hebelade die abwechselnden Orte der Hebeldrehpunkte durch die Einschnitte einer auf zwei gegenüberliegenden Seiten verzahnten Stange gebildet werden. Beide Constructionen führen den Nachtheil mit sich, dass sie die zu hebende Last beim Aufsteigen des Kraftangriffspunktes wieder etwas niederlassen, mithin den Nutzeffect sehr reduciren. Nur die schwedische Hebelade ist von diesem Nachtheil frei, da jede der vier Säulen, aus denen sie besteht, mit Löchern versehen ist, welche ein ununterbrochenes Emporheben des die Last tragenden Hebels gestatten. Man wendet sie deshalb häufig in zweckmässig abgeänderter Art als Zugvorrichtung für Schützen bei Schleusen u. s. w. an; der Wirkungsgrad beträgt im Mittel 96%.

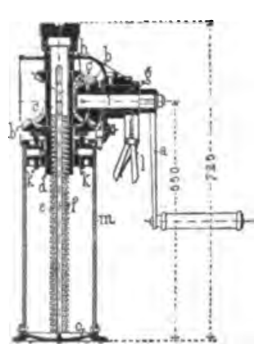
B. Direct wirkende Winden.

Die direct wirkenden Winden übertragen die bewegende Kraft ohne Einschaltung von Seilen, Ketten u. s. w. auf die zu hebende Last. Eine der einfachsten derartigen Winden ist in Fig. 972 dargestellt. Bei der Drehung eines mit einer rechts- und linkswirkenden Knarre versehenen Hebels *a* schraubt sich die Schraubenspindel *b* aus der festen Mutter *c* heraus und hebt dadurch die auf das obere Klauenstück drückende Last. Fig. 973—974 zeigt eine Winde zum Heben von Locomotiven. Die verticale Schraubenspindel *c* wird durch eine Handkurbel gedreht und zwar hat man zweifache Radübersetzung, wenn man die Kurbel auf die obere *b*, dreifache, wenn man dieselbe auf die untere *a* der beiden horizontalen Wellen setzt. Dabei steigt die Mutter *d* an der Spindel empor, wird aber an der Drehung durch zwei seitliche Ansätze *e* gehindert, auf

welche sich ein Querträger mit der zu hebenden Last (Locomotive, Dampfkessel u. s. w.) aufsetzt. Natürlich werden diese Winden immer nur paarweise verwendet. Die doppelte resp. dreifache Räderübersetzung durch cylindrische und konische Räder ist gewählt, um durch Verlangsamung der Bewegung die erforderliche Kraftsteigerung zu bewirken.


Fig. 972.


Fig. 973—974.


Fig. 975.

Bei der von Zobel, Neubert & Co. in Schmalkalden gebauten Differential-Schraubenwinde, Fig. 975, wird die drehende Bewegung der Kurbel *a* durch zwei konische Räderpaare $b b_1$ und $c c_1$ sowohl auf die Schraubenmutter *d* als auch auf die Schraubenspindel *e* übertragen, indem letztere zu diesem Zwecke ihrer ganzen Länge nach mit einer Nuth *f* versehen ist, in welche ein Vorsprung in der Bohrung des auf ihr sitzenden Kegelrades eingreift. Je nach dem Uebersetzungsverhältniss der konischen Räderpaare wird hierbei die Spindel mit grösserer oder geringerer Geschwindigkeit umgedreht als die Mutter. Um für das Senken der Last einen schnelleren Rückgang zu ermöglichen, ist ausserdem die Einrichtung getroffen, dass die Kurbelachse in einer excentrisch ausgebohrten drehbaren Büchse *g* gelagert ist, welche bei einer Drehung um 180° eine Erhebung der Kurbelwelle um soviel bewirkt, dass der Eingriff zwischen den Räderpaaren $b b_1$ und $c c_1$ aufhört und die Spindel allein durch ein anderes, oben liegendes, zum Eingriff kommendes konisches Räderpaar *c h* umgedreht wird, wie bei einer gewöhnlichen Schraubenwinde. Ausserdem ist durch diese Einrichtung die Möglichkeit geboten, kleinere Lasten schneller zu heben. Das Güteverhältniss dieser einfachen und sehr compendiösen Maschine beträgt nur 25 bis 30%, indem 75 bis 70% durch Reibung verloren gehen.

Die Zahnstangenwinden dienen zum Heben von Lasten auf kleinere Höhen, besonders zum Heben von Wagen, weshalb man sie auch Wagenwinden nennt. Der Windenstock ist aus Holz oder Gusseisen, die Zahnstange aus Schmiedeeisen oder weichem Stahl, mit Klaue und meist auch mit Pratze versehen. Das Güteverhältniss ist von der Zahnreibung wesentlich beeinflusst und beträgt gewöhnlich nur 1/2 bis 1/6. Trotzdem sind diese Winden wegen der gedrängten, vortheilhaften Anordnung in der Praxis sehr beliebt.

Die hydraulischen Winden werden in neuerer Zeit wegen ihres höheren Wirkungsgrades vielfach den bisher behandelten Winden vorgezogen. Sie beruhen auf dem Princip der hydraulischen Presse und zeichnen sich namentlich durch Einfachheit und Leichtigkeit ihrer Handhabung aus. Von den verschiedenen Anordnungen hydraulischer Winden sei hier zunächst die gebräuchlichste von Tangye angeführt, Fig. 976. Auf dem cylindrischen Ständer *A* ist die ausgebohrte Röhre *B*, durch eine Manschette *s* gedichtet, vertical verschiebbar, wobei ein in *B* eingesetztes, in einer Nuth des Ständers *A* sich führendes Keilstück eine etwaige Drehung des Cylinders verhindert. *D* ist das durch die Schraube *j* zu füllende Reservoir für die Flüssigkeit, welche durch das Ventil *f* angesaugt und durch das Druckventil *e* in den Raum zwischen Kolben und Cylinder gepresst wird. Zum Heben der Last wird der Hebel *L* in seine tiefste Lage gebracht, wobei sich das Druckventil *e* öffnet und die durchströmende Flüssigkeit den Cylinder *B* emporhebt. Oeffnet man die Ventilschraube *i*, so tritt die Flüssigkeit in das Reservoir zurück und die Winde geht herab. Zur Füllung der Winde eignet sich am besten eine Mischung von Wasser und feinem Oel, auch wohl Spiritus und Wasser oder Petroleum. Die Winde ist zugleich als Stock- und Pratzenwinde eingerichtet, das Constructionsmaterial für das Reservoir und den Windenstock ist Gusstahl.

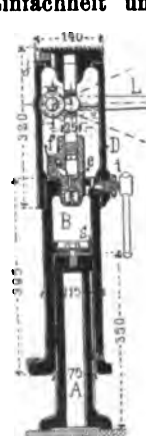

Fig. 976.


Fig. 977.

Die in Fig. 976 dargestellte hydraulische Winde ist vorzugsweise bestimmt, die zum Heben der Werkstücke üblichen Krahne zu ersetzen. *A* ist ein Cylinder von Messing, welcher sich über einen mit einer

Lederklappe gedichteten Kolben c bewegt. Die Kolbenstange b ist durchbohrt; in dieselbe reicht ein Kupferrohr f hinein, welches an der Pumpe luftdicht verschraubt ist. Die Pumpe und der Kolben g sind aus Rothguss. Das Saugventil e befindet sich im Kolben, das Druckventil e_1 dagegen in der Pumpe. Die Bewegung des Kolbens g geschieht wie bei der vorhergehenden Winde durch einen Hebel B. Die Flüssigkeit wird durch das Kupferrohr f in die Kolbenstange b gepumpt, in welcher dicht über dem Kolben c ein Canal sich befindet, durch welchen die Flüssigkeit über den Kolben gelangt. i ist die Ventilschraube, durch deren Oeffnung die Flüssigkeit wieder in den Raum E tritt und das Sinken des Aufzuges bewirkt.

C. Rollen und Flaschenzüge.

Die bisher besprochenen Hebevorrichtungen eignen sich ihrer Natur nach nur für geringe Hubhöhen. Für grössere Hebungen bedient man sich allgemein der Seile oder Ketten, welche sich um Rollen oder Trommeln wickeln. Der einfachste Repräsentant dieser Maschinengruppe ist die feste Rolle oder Leitrolle, Fig. 978, bei welcher die theoretische Kraft P gleich der Last Q ist. Gewöhnlich findet sie sich in Verbindung mit der losen Rolle, Fig. 979, bei welcher unter Voraussetzung des Parallelismus der Stränge $P = \frac{Q}{2}$ ist. Beide Rollen werden zu sogenannten Flaschenzügen vereinigt und bilden dann äusserst brauchbare, practische Maschinen zur Verticalbeförderung von Lasten in Werkstätten und auf Bauplätzen.

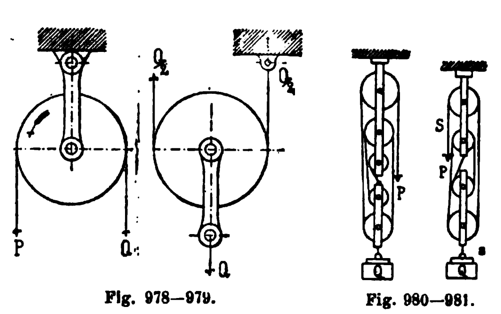


Fig. 978—979. Fig. 980—981.

Enthält die Zugflasche eine Rolle weniger als die feste (Fig. 980), so ist $Q = (2n + 1)P$, also $P = \frac{Q}{2n+1}$. Dabei bedeutet n die Anzahl Rollen einer Flasche, P die Kraft und Q die Last. Ist die Rollenzahl in beiden Flaschen gleich (Fig. 981), so ist $Q = 2nP$, also $P = \frac{Q}{2n}$. Diese Werthe werden jedoch durch die passiven Widerstände der Maschine (Achsenreibung, Steifheit der Seile oder Ketten) wesentlich reducirt, sodass man den Wirkungsgrad der Flaschenzüge nur zu 0,8 bis 0,65 annehmen kann.

Um die beträchtliche Länge der Flaschen zu reduciren, werden die Rollen jetzt nicht mehr in verschiedener Grösse übereinander, sondern mit gleichem Durchmesser nebeneinander angeordnet. Eine derartige Flasche für einen 6rolligen Seil-Flaschenzug zeigt Fig. 470, Bd. I, S. 77. Für grosse Seilstärken ist der geringere Wirkungsgrad der Seilflaschenzüge allerdings ein Uebelstand, doch gewähren Seile im allgemeinen mehr Bruchsicherheit als Ketten. Die zulässige Belastung für Flaschenzugseile beträgt 1 kg pro qmm. Die Rollen sollen bei losen Seilen einen Radius von $3 - 4\,D$, bei festen einen solchen von $6 - 8\,D$ erhalten, wobei D die Seildicke bezeichnet.

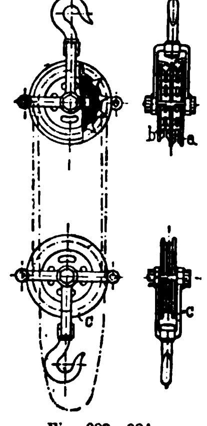
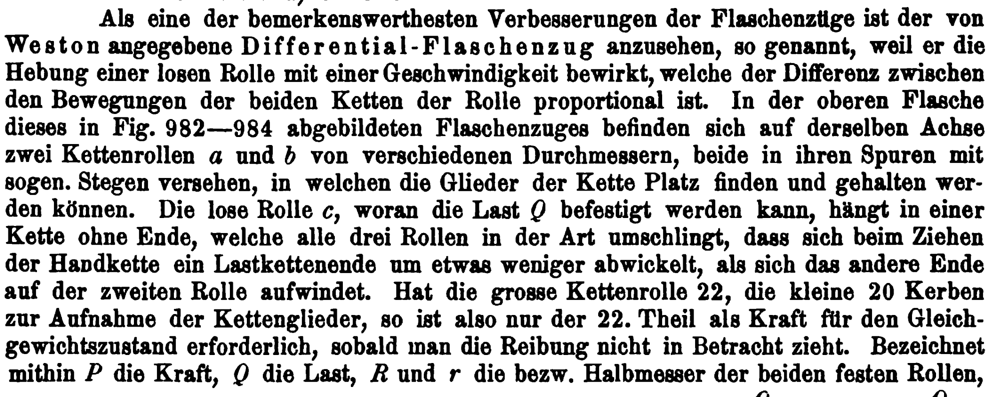


Fig. 982—984.



Ueber die Berechnung und Construction von Ketten, Kettenrollen, Kettenhaken u. s. w. siehe Bd. I, S. 73 ff.

Als eine der bemerkenswerthesten Verbesserungen der Flaschenzüge ist der von Weston angegebene Differential-Flaschenzug anzusehen, so genannt, weil er die Hebung einer losen Rolle mit einer Geschwindigkeit bewirkt, welche der Differenz zwischen den Bewegungen der beiden Ketten der Rolle proportional ist. In der oberen Flasche dieses in Fig. 982—984 abgebildeten Flaschenzuges befinden sich auf derselben Achse zwei Kettenrollen a und b von verschiedenen Durchmessern, beide in ihren Spuren mit sogen. Stegen versehen, in welchen die Glieder der Kette Platz finden und gehalten werden können. Die lose Rolle c, woran die Last Q befestigt werden kann, hängt in einer Kette ohne Ende, welche alle drei Rollen in der Art umschlingt, dass sich beim Ziehen der Handkette ein Lastkettenende um etwas weniger abwickelt, als sich das andere Ende auf der zweiten Rolle aufwindet. Hat die grosse Kettenrolle 22, die kleine 20 Kerben zur Aufnahme der Kettenglieder, so ist also nur der 22. Theil als Kraft für den Gleichgewichtszustand erforderlich, sobald man die Reibung nicht in Betracht zieht. Bezeichnet mithin P die Kraft, Q die Last, R und r die bezw. Halbmesser der beiden festen Rollen, s den von der Last und S den von der Handkette zurückgelegten Weg, so ist $\frac{Q}{2} R = PR + \frac{Q}{2} r$; $P = \frac{R - r}{2R} Q$; $Q = \frac{2R}{R - r} P$. Weg $s = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{r}{R}\right) S$.

Infolge der geringen für den Gleichgewichtszustand nöthigen Kraft verbleibt die Last, sobald man die Handkette loslässt, in ihrer Stellung, sodass man das Aufziehen oder Niederlassen jederzeit unterbrechen kann. Seile würden allerdings auf den Rollen rutschen und können deshalb nicht verwendet werden, auch ist der Wirkungsgrad sehr gering. Trotzdem wird der Differential-Flaschenzug zu zeitweiligen Hebungen bei Montirungsarbeiten und in Maschinenwerkstätten wegen seiner Fähigkeit der Selbsthemmung gern benutzt.

Ein eigenthümlicher Flaschenzug ist in Fig. 985—986 dargestellt. Die Last Q hängt an dem Haken i einer losen Rolle h, deren Kette mit dem einen Ende an der oberen Flasche befestigt ist, während das andere Ende über die wie beim Differential-Flaschenzug mit Einkerbungen versehene Rolle g geführt und bei b durch einen Haken an die Kette k angeschlossen ist; der Ring m dient zur Führung der Kette. Die Bewegung der oberen Rolle g wird durch ein an derselben befestigtes Schneckenrad f bewirkt, welches durch eine Schraube ohne Ende d gedreht wird, die ihren Antrieb durch die über die Rolle e gelegte Triebkette l empfängt. Wegen des Schneckengetriebes gehört diese Vorrichtung ebenfalls zu den selbsthemmenden, sodass man das Senken der Last durch Anzug des betreffenden Stranges der Triebkette l zu bewirken hat. Für grössere Lasten kann man die Rollen vermehren. Infolge der Anwendung des Schneckengetriebes ist der Wirkungsgrad auch bei diesem Flaschenzug nur gering.

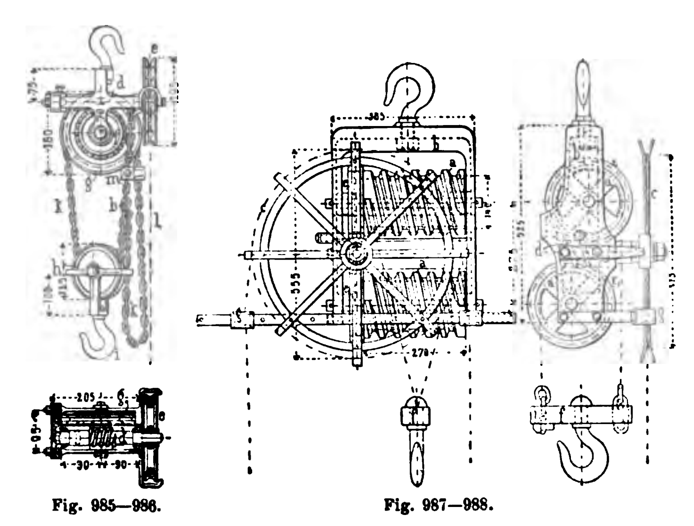


Fig. 985—986. Fig. 987—988.

Der archimedische Flaschenzug von Collet & Engelhard in Offenbach (Fig. 987—988) gehört schon zu den Hebevorrichtungen mit Windetrommeln. Diese Trommeln $a\,a$, welche in einem Rahmen b mit Aufhängehaken vertical übereinander gelagert sind, erhalten ihren Antrieb wiederum durch eine mittelst Handkette und Kettenrad c bewegte Schnecke d, sodass sich die Schneckenräder e und e_1 der Kettentrommeln gleichzeitig und gleichmässig in entgegengesetzten Richtungen bewegen. Dadurch wickeln sich die an entgegengesetzten Enden der Kettentrommeln befestigten Lastketten gleichmässig von rechts nach links und von links nach rechts auf und ab. Ueber den Wirkungsgrad dieser Hebevorrichtung gilt dasselbe wie vorher.

D. Indirect wirkende Winden.

Zum Heben von Lasten auf grössere Höhen reichen die bisher besprochenen Hebeapparate nicht aus; man muss dann indirect wirkende Winden verwenden, welche die bewegende Kraft durch Einschaltung von Seilen, Ketten und Rollen auf verhältnissmässig grosse Entfernungen übertragen. Man pflegt die indirect wirkenden Winden mit Trommeln zu versehen, auf welche das Seil oder die Kette sich in schraubenförmigen Windungen aufwickelt. Die einfachste derartige Maschine ist der Kreuzhaspel, welcher aus einer auf zwei Ständern gelagerten, durch eine oder zwei Kurbeln drehbaren Trommel besteht, auf welche das die Last tragende Seil sich aufwickelt. Da hierbei das Drehmoment der Last immer grösser wird, je mehr sich das Seil abgewickelt hat, so macht man zweckmässig die Trommel konisch, sodass dann die aufzuwendende Arbeit immer dieselbe bleibt. Naturgemäss eignet sich der Kreuzhaspel nur für untergeordnete Zwecke, zum Fördern grösserer Lasten bedient man sich jetzt allgemein der Winden mit Zahnradvorgelege. Für Förderlasten von 1000—1500 kg wählt man gewöhnlich Winden mit einem Vorgelege, für Lasten von 2000—10000 kg solche mit zwei Vorgelegen. Bei grösseren Lasten wendet man noch einen Flaschenzug an. Nur ausnahmsweise für die grössten Lasten baut man auch Winden mit drei Vorgelegen.

Fig. 989—990 zeigt eine Winde mit doppeltem Vorgelege. Bezeichnen r_1, r_2, r_3 und r_4 die Radien der Zahnräder, $P\mathfrak{r}$ das Moment an der Kurbel, ϱ den Trommelradius $+$ $^1/_2$ Seildicke und Q die auf die Höhe h zu windende Last, so ist $P\mathfrak{r} = Q\varrho\frac{r_1}{r_2}\frac{r_3}{r_4}$ und $Qh = Pv = Qv\frac{\varrho}{\mathfrak{r}}\frac{r_1}{r_2}\frac{r_3}{r_4}$, wenn v die Geschwindigkeit ist, mit der die Kurbel gedreht wird. $h = \frac{\varrho}{\mathfrak{r}}\,v\frac{r_1}{r_2}\frac{r_3}{r_4} = \frac{\pi}{30}\,n\,\varrho\frac{r_1}{r_2}\frac{r_3}{r_4}$. Man nimmt für P gewöhnlich 16 kg für einen Arbeiter an und führt statt Q den um 10% vergrösserten Werth 1,1 Q wegen der Reibungs-

verluste in Rechnung. Ist eine Winde für den Betrieb durch mehrere Arbeiter mit zwei Kurbeln versehen, so verstellt man dieselben gewöhnlich um 120°, um die Kraftäusserungen auszugleichen.

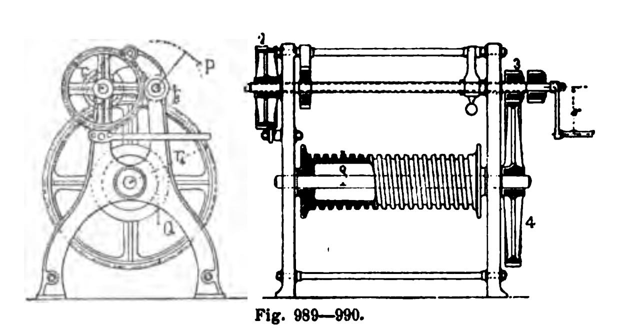


Fig. 989—990.

Die Windetrommeln für Seile werden als glatte Cylinder gebildet, während man Kettentrommeln mit einer schraubenförmigen Nuth versieht. Wenn irgend möglich, soll man die Trommel so lang machen, dass die aufzuwickelnde Länge des Seiles oder der Kette nur eine einzige Schicht von Windungen bildet. Um bei kleineren Lasten einen schnelleren Gang zu erzielen, ist gewöhnlich die Einrichtung getroffen, dass man durch axiale Verschiebung der Kurbelwelle die Räder 1 und 2 (Fig. 989—990) ausser Eingriff bringt und nur mit einem Vorgelege arbeitet, welches also gleich in das Rad 4 eingreift. Die Verschiebung wird durch die in der Figur angedeutete Falle gesichert. Ein (in Fig. 990 ebenfalls angedeutetes) Sperrad hindert ein unbeabsichtigtes Sinken der Last. Der Sicherheit halber ist meist auch noch eine Bremsvorrichtung angebracht, welche aus einer Scheibe mit umgelegtem Bremsband besteht, dessen Anzug durch einen Bremshebel bewirkt wird. Zweckmässig setzt man die Bremsscheibe auf die Vorgelegwelle. Häufig sind behufs leichteren Transportes an der Winde Rollen angebracht.

Tabelle über die Hauptdimensionen von Bauwinden.

	Zu hebende Last in kg mit Flaschenzug	ohne Flaschenzug	Windtrommel Durchmesser mm	Länge mm	Kettenstärke mm	Wellenstärke in mm Erste Vorgelegwelle	Zweite Vorgelegwelle	Trommelwelle	Räderdurchmesser in mm
Ein Vorgelege	1000	450	120	390	6,5	30	—	50	
	1500	600	120	390	8	35	—	55	Getriebe 90—120
	2000	750	120	420	10	40	—	60	Rad 500—800
	3000	1100	130	460	11,5	40	—	60	
Zwei Vorgelege	2000	750	120	420	10,5	40	50	70	Erstes Vorgelege: Getriebe 110—120
	3000	1100	130	460	11,5	40	50	70	Rad 300—520
	4000	1500	150	520	13	40	55	75	Zweites Vorgelege:
	6000	2200	200	560	15	45	60	80	Getriebe 110—150
	8000	3000	240	600	18	45	60	80	Rad 750—900

Fig. 991—995 stellt eine Winde mit doppeltem Vorgelege und selbstthätig regulirbarer Bremse von L. Sautter, Lemonnier & Co. in Paris dar. Dieselbe kann entweder mittelst Dampfkraft betrieben werden, indem der auf *C* drehbare Theil *H* als Riemenscheibe dient, welche die Kraft direct von dem mit *C* verbundenen Getriebe *J* durch die Zahnräder und die Welle *K* auf die Trommel überträgt; oder mit Hand, wo dann die Bewegung durch die Kurbeln und Kurbelwelle *B* auf *F*, von hier in der Pfeilrichtung *a* auf *C*, mittelst der Knagge *T* weiter auf den mit ihm verbundenen Federring *R* und durch die starke Reibung zwischen *R* und *H* schliesslich auf *H* geleitet wird, von wo sie wie bei Dampfbetrieb auf die Trommelwelle übergeht. Eine an der Trommel hängende Last sucht *C* entgegen der erwähnten Pfeilrichtung zu drehen, was durch die Sperrklinke *E* verhindert wird. Durch die Reibung zwischen *R* und *H* wird auch das Getriebe *J* und somit die ganze Winde zum Stillstand gebracht. Um die Last herabzulassen, wird die Kurbel um einen kleinen Winkel in der Pfeilrichtung *n* gedreht, hierdurch die Kette *q* angezogen und die Reibung zwischen *R* und *H* beseitigt. Dabei rotirt die mit *H* verschraubte Scheibe *O*, sowie das damit verbundene Zellenwerk, in welchem Gusstücke *S*, von den Zellenwänden und den Daumen *P* getrieben, an der Rotation theilnehmen und durch die Centrifugalkraft nach aussen gegen den Ring r_1, dieser wieder gegen den festen Kranz *G* gedrängt werden. Auf diese Weise wird eine Bremswirkung erzielt, welche mit dem Quadrat der Rotationsgeschwindigkeit wächst. Durch Loslassen der Kurbel wird die Reibung zwischen *R* und *H* allmählich wieder hergestellt und somit auch der Stillstand der Winde.

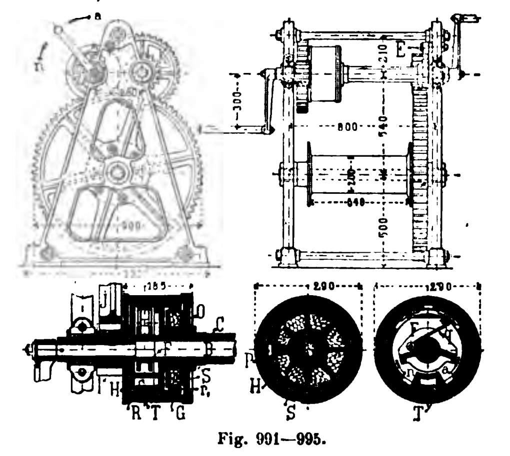


Fig. 991—995.

Diese von **Stauffer** erfundene Sicherheitsvorrichtung wird in den mannigfachsten Modificationen neuerdings vielfach angewendet. So zeigen Fig. 996—997 eine ebenfalls von Sautter, Lemonnier & Co. ausgeführte **Stauffer'sche Sicherheitswinde**, welche an die Wand geschraubt wird. Die Trommel ist dabei durch eine sog. Kettennuss ersetzt, welche den Vortheil einer bedeutenden Uebersetzung gewährt.

Dampfwinden werden angewendet, wenn die Hebungen während längerer Perioden unausgesetzt aufeinander folgen und grössere Quantitäten gehoben werden sollen. Der Motor dieser auch **Dampfkabel** genannten Arbeitsmaschinen ist gewöhnlich eine Zwillingsdampfmaschine von drei bis vier Pferdekraft, ohne Condensation und meist auch ohne Expansion, aber immer mit Umsteuerung.

Fig. 998—999 stellen eine Dampfwinde nach dem System von **Mégy, Echeverria & Bazan** in Paris dar, welche statt mit Dampf auch mit comprimirter Luft arbeiten kann. Die Cylinder *C* sind zu beiden Seiten der Windenschilder *G* angebracht, der Dampf oder die Luft tritt durch das Rohr *z* in dieselben ein. Der Dampfabschluss wird durch ein mit dem Hebel *r* in Verbindung stehendes Ventil bewirkt. Zur Drehung der Trommeln *W* nach rechts und nach links wirkt der Hebel *q* auf einen ähnlich wie in Fig. 991—995 construirten Mechanismus *FF*. *i* ist die Kurbelwelle, auf welcher die durch den Hebel *q* verschiebbare Muffe *p* sitzt. Diese steht durch Ketten *mm* mit den Stauffer'schen Sicherheitsbremsen *FF* in Verbindung, welche wie oben beim Aufwärtswinden der Last als Kuppelung, beim Abwärtswinden als Bremse wirken. Man hebt durch die Winde 500 kg mit einer Geschwindigkeit von 0,45 m in der Secunde.

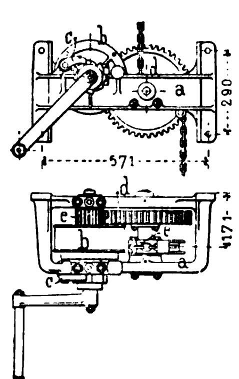


Fig. 996—997.

Fig. 998—999.

Die in Fig. 1000 gezeichnete Dampfwinde von **Corradi** in Marseille wird durch eine Zwillingsdampfmaschine mit oscillirenden Cylindern betrieben. Die Vertheilung des Dampfes geschieht durch die schwingenden Zapfen *h* der Cylinder *C*, die Umsteuerung durch einen geeigneten Vertheilungsschieber *v*. Die auf den Enden der Trommelwelle *a* sitzenden konoidischen Köpfe *m* können ebenfalls als Trommeln dienen für Seile, welche ohne weitere Befestigung nur durch Reibung mitgenommen werden. Die Maschine macht 100 Touren pro Minute und hebt eine Last von 1800 kg mit einer Geschwindigkeit von 0,12 m.

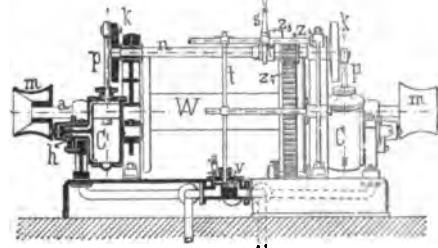


Fig. 1000.

Fig. 1002—1003 zeigen die Anordnung einer Dampfwinde von **Williamson Brothers** in Philadelphia, welche durch eine eincylindrige liegende Dampfmaschine *M* betrieben wird. Auf der Schwungradwelle *n* ist ein Frictionsgetriebe *c* befestigt, das mit einem grösseren Frictionskeilrad *d* durch den Hebel *a* in Eingriff gebracht werden kann. Durch einen kleinen Handhebel *b* wird die Drosselklappe der Dampfleitung verstellt und so die Dampfspannung regulirt. Die Keilräder functioniren zugleich als Bremse, indem der Hebel *a* so gestellt wird, dass die Keilräder nur mit geringer Pressung aneinander gedrückt werden, sodass die auftretende Reibung das Herabsinken der Last zulässt. Kleinere Dampfwinden erhalten nur eine, grössere (Fig. 1002—1003) zwei oder mehr Windetrommeln *w*. Die Anwendung der Keilräder hat sich durchaus bewährt; der Gang derselben ist vollkommen geräuschlos, sowie die Aus- und Einrückung stossfrei und in einfach sicherer Weise möglich.

Die Firma **Lidgerwood Manufacturing Co.** in New-York baut ihre Dampfwinden fast ausschliesslich mit rotirenden Antriebsmaschinen, eine Construction, die sich vorzüglich bewährt hat und den Vortheil eines ruhigen Ganges, sowie der Abgeschlossenheit aller beweglichen Theile und einfacher Handhabung bietet. Fig. 1001 zeigt eine **Lidgerwood'sche** Dampfwinde, welche zugleich transportabel

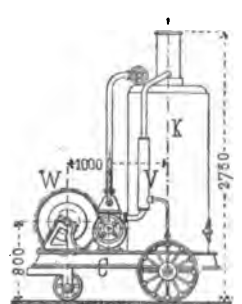


Fig. 1001.

Fig. 1002—1003.

eingerichtet ist. Kessel K und Dampfmaschine sind gemeinschaftlich auf einem Wagen C gelagert, die Wagenplatte ist hohl und dient zur Hälfte als Wasserreservoir, zur Hälfte als Aschenkasten. Der Dampfkessel ist ausser der gewöhnlichen Armatur noch mit einem Vorwärmer V, durch den der Auspuffdampf streicht, versehen. Grössere Dampfwinden dieser Construction werden auch selbsttransportabel eingerichtet.

E. Aufzüge.

Die Aufzüge dienen zur Vertical-Beförderung von Lasten und Personen in Waarenhäusern, Magazinen, Wohnräumen, öffentlichen Gebäuden u. s. w. Für geringere Förderlasten benutzt man Handaufzüge, bei disponibler Transmission auch wohl Transmissionsaufzüge mit constant laufender Antriebsmaschine. Zur Erzielung grösserer Leistungen bei höheren Fördergeschwindigkeiten dienen Dampfaufzüge, die besonders in Amerika in ausgedehntestem Maasse Verwendung finden. Endlich kommen noch hydraulische und pneumatische Aufzüge zur Ausführung, von denen die ersteren wegen des ausserordentlich bequemen und einfachen Betriebes neuerdings sehr beliebt sind. Die Hauptheile eines Aufzuges sind: der Motor, ferner die Transmission zwischen diesem und dem zur directen Aufnahme der Förderlast bestimmten Theil der Anlage, der Fahrstuhl und dessen Führung, endlich die Sicherheitsvorrichtungen und die zur Einleitung, Abstellung und Regulirung der Bewegung der Förderlast dienenden Einrichtungen.

1. Handaufzüge.

Handaufzüge werden gewöhnlich durch ein Seil ohne Ende, das über eine oder zwei Rollen läuft, oder durch eine der oben beschriebenen Bockwinden in Bewegung gesetzt. Sie dienen ausschliesslich zur Beförderung von Waaren. Ein einfacher Handaufzug ist in Fig. 1004 abgebildet. Eine Spurscheibe A lässt sich mittelst eines Seiles S beliebig nach rechts oder links umdrehen, wobei sich das mehrmals um die Welle b dieser Scheibe gelegte Seil, welches die Last Q trägt, auf der einen Seite auf-, auf der anderen abwickelt. Ist diese Last hoch genug gehoben, so kann man an das freie Ende des Seiles eine neue hängen und dieselbe durch Drehen der Scheibe in umgekehrter Richtung zum Steigen bringen. Fig. 1006 zeigt einen Speisenaufzug. Die Speisen werden in den zu hebenden Kasten k, welcher durch ein Gegengewicht g ausbalancirt ist, hineingestellt und durch Anzug des Seiles s mit der Hand von unten nach oben oder in entgegengesetzter Richtung befördert. Beim Schlaffwerden des Seiles erfolgt die Anspannung desselben dadurch, dass man die untere Seilscheibe u tiefer setzt. In Fig. 1005 ist ein durch eine Winde mit doppeltem Vorgelege W betriebener Baumaterialien-Aufzug dargestellt.



Fig. 1004. Fig. 1005. Fig. 1006.

2. Transmissionsaufzüge.

Transmissionsaufzüge erfordern eine stetig laufende Transmissionswelle, von welcher die Kraft zum Betriebe der Bewegungsmechanismen des Aufzuges abgeleitet wird. Sie werden für Personen- und Lastenbeförderung ausgeführt und bieten bei möglichster Einfachheit der Anlage eine grosse Betriebssicherheit. Für alle Aufzüge mit Kraftbetrieb nimmt man gewöhnlich für den Aufgang die Geschwindigkeit zu $v = 0{,}3$—$0{,}5$ m, für den Niedergang zu $v = 0{,}5$—$0{,}7$ m an. Dann ist für die Seilscheibe vom Radius r die Tourenzahl $n = \frac{v\,60}{2\,r\,\pi}$, wonach sich die Uebersetzung (Schneckenrad oder Zahnräder) bestimmt. Die Betriebshindernisse werden zu $^1/_4$ der Last angenommen und dann ist die Leistung $N_n = \frac{L\,v\,(1 + {}^1/_4)}{75}$.

Fig. 1007 veranschaulicht einen besonders in Mühlen und Brauereien vielfach angewendeten Aufzug. Die auf zwei gusseisernen Ständern G gelagerte, auf der Trommelwelle sitzende Riemenscheibe A dient zugleich als Bremsscheibe und wird von der unteren Transmissionsscheibe B durch einen schlaff aufgelegten Riemen r bewegt. Zieht man an dem Seil e beim Fahrstuhl, so wird mittelst verschiedener Hebel der Antriebsriemen durch die Spannrolle g, welche bisher durch ein Gewicht vom Riemen entfernt war, gespannt.

Dadurch wird die Bremsscheibe und somit auch die Trommel W angetrieben und der Fahrstuhl K geht in die Höhe. Beim Loslassen des Seiles wird der Bremshebel m durch das Excenter f gehoben und dadurch der Bremsklotz n gegen die Bremsscheibe angepresst, sodass der ganze Mechanismus stillsteht, da auch die Spannrolle den Riemen gleichzeitig verlässt. Wird dagegen das Seil nur wenig angezogen, sodass die Reibung zwischen Klotz und Bremsscheibe etwas geringer wird als das Gewicht des Fahrstuhles, so gleitet dieser nach unten. Der Aufzug hat sich in seinen vielfachen Ausführungen stets sehr gut bewährt.

Fig. 1007.

Ein ebenfalls häufig vorkommender Lasten-Aufzug ist in Fig. 1008—1010 dargestellt. Der Fahrstuhl ist an drei Seilen befestigt, welche die Scheiben a, b und c passiren und an den freien Enden Gegengewichte g tragen. Der Antrieb erfolgt durch Riemenscheiben $r_1 r_1$, welche eine Schraube ohne Ende in Bewegung setzen und so die Scheiben a und b in einander entgegengesetzter Richtung drehen. Jedes der drei Seile ist für sich stark genug, den Fahrstuhl zu tragen, sodass bei etwaigem Reissen des einen die beiden anderen genügende Sicherheit bieten.

Einen sehr practischen Aufzug von Mégy, Echeverria & Bazan in Paris zeigt Fig. 1011—1012. Man hat hier die von dieser Firma vorzugsweise verfertigte Stauffer'sche Sicherheitsvorrichtung in sehr sinnreicher und wirksamer Weise zur Anwendung gebracht. Der Fahrstuhl E hängt an über je zwei Rollen geleiteten Seilen s, von denen das eine mit der Winde W in Verbindung steht, während das andere ein Gegengewicht D trägt. Der Antrieb der Winde erfolgt von der Haupt-Transmissionswelle C aus in der Art, dass der gekreuzte Riemen k für den Aufgang, der offene l für den Niedergang des Fahrstuhls in Function tritt. Die Umschaltung des Riemens geschieht durch einen der Ausrückhebel $c\,c$, welche durch Rollen mit dem Steuerseil in Verbindung stehen. Die Maximalbelastung und die Maximalgeschwindigkeit des Aufzuges kann nicht überschritten werden, da für beide Fälle die Windetrommel vermöge der oben beschriebenen Einrichtung stehen bleibt.

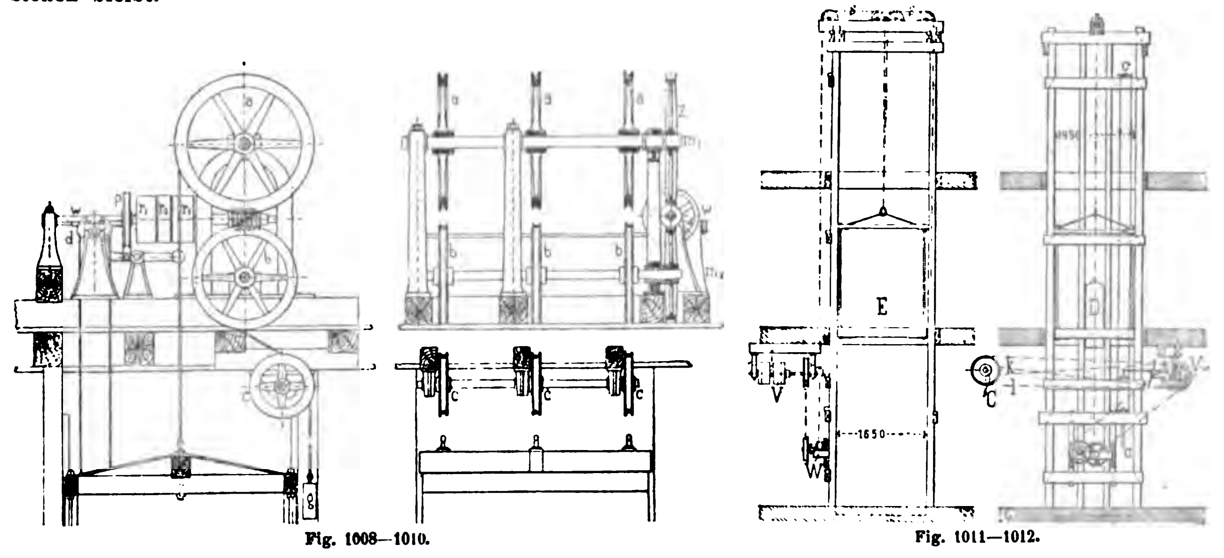


Fig. 1008—1010.

Fig. 1011—1012.

Der in Fig. 1013 dargestellte Aufzug von Otis Brothers in New-York wird von der Transmission aus ebenfalls durch offene und gekreuzte Riemen angetrieben, sodass die Antriebsscheibe abwechselnd nach der einen oder anderen Richtung gedreht wird. Diese Drehbewegung wird durch eine Schraube ohne Ende auf die Windetrommel t übertragen, welche durch ein über die Rolle f geleitetes Seil mit dem Fahrstuhl in Verbindung steht. Durch Ziehen an dem durch alle Stockwerke des Gebäudes hindurchlaufenden Steuerseil s wird der Riemenführer und damit der offene oder gekreuzte Riemen nach Belieben auf die feste oder

lose Riemenscheibe geschoben, somit also der Aufzug nach beiden Richtungen hin in Gang gesetzt. Knoten am Steuerseil dienen zur selbstthätigen Abstellung des Aufzuges an den Grenzen der Förderhöhe des Fahrstuhls. Zum sofortigen Abstellen dient eine auf die feste Riemenscheibe wirkende Backenbremse. Wenn das Förderseil reisst oder lose wird, klemmen sich am Fahrstuhl angebrachte Fangarme in die verzahnten Stangen z, welche zugleich dem Fahrstuhl als Führungen dienen.

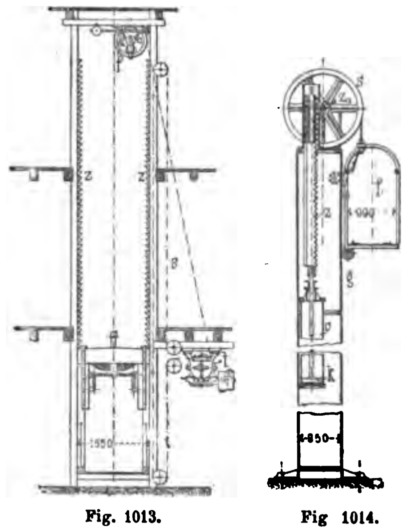


Fig. 1013. Fig 1014.

3. Dampfaufzüge.

Dampfaufzüge unterscheiden sich von den vorher beschriebenen Transmissionsaufzügen eigentlich nur dadurch, dass zu ihrem Betriebe besondere einfach- oder doppeltwirkende Dampfmotoren aufgestellt sind. Es genügt daher, eine namentlich bei amerikanischen Gichtaufzügen zur Anwendung kommende Abweichung zu erwähnen, und werde dazu ein direct wirkender Dampfaufzug von P. L. Weimer in Lebanon in Pennsylvanien gewählt, welcher in Fig. 1014 dargestellt ist. Der Aufzug besteht aus einem gusseisernen Gerüst g, in dessen Inneren der Dampfcylinder c befestigt ist, dessen Kolben k mit einer langen Zahnstange z in Verbindung steht und dessen Steuerung in einem einfachen Muschelschieber besteht. Geht der Kolben und damit auch die Zahnstange abwärts, so wird der aussen am Gerüst geführte, durch eine Seilscheibe s und ein Zahnrad z_1 mit dem Kolben in Verbindung stehende Fahrstuhl gehoben. Dabei dient die Zahnstange zugleich als Gegengewicht, sodass der Fahrstuhl f vollständig ausbalancirt ist. Durch diese originelle Construction wird die ganze Anlage sehr einfach und billig, da durch die Anbringung des bis zur Gichtbrücke reichenden Gerüstes ein schwerer Gichtthurm überflüssig wird.

4. Hydraulische Aufzüge.

Hydraulische Aufzüge werden direct oder indirect ausgeführt, indem der Fahrstuhl entweder unmittelbar durch den Druck des Wassers oder mittelbar durch Einschaltung von Rollen oder Flaschenzügen gehoben wird. Ein Hauptnachtheil beider Systeme ist der, dass die hydraulischen Aufzüge bei normaler und constanter Förderhöhe immer dieselbe Wassermenge verbrauchen, gleichviel ob grosse oder kleine Lasten befördert werden, sodass bei oft wechselnder Belastung der Betrieb sehr unökonomisch wird.

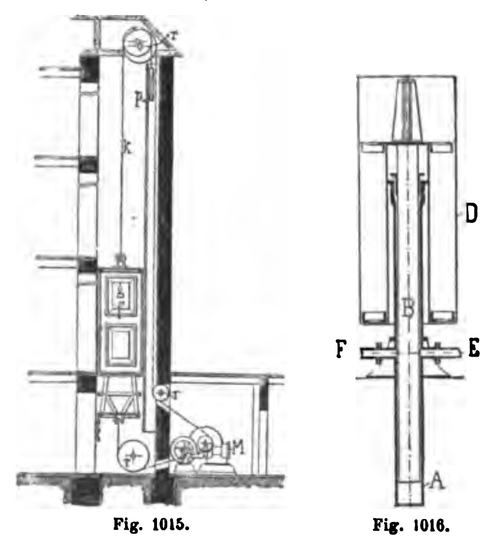


Fig. 1015. Fig. 1016.

Einen indirect wirkenden Aufzug von Ph. Mayer in Wien zeigt Fig. 1015. Derselbe unterscheidet sich von den Transmissions- oder Dampfaufzügen nur insofern, als hier der Antrieb des Fahrstuhls f nicht durch Dampfkraft, sondern durch eine Wassersäulenmaschine M erfolgt, welche an beliebiger Stelle placirt wird. Der Fahrstuhl hängt an einer über verschiedene Rollen r geführten Gale'schen Laschenkette k und ist durch ein Gegengewicht p ausbalancirt. Im übrigen ist die Anordnung wohl ohne weiteres aus der Figur ersichtlich.

Direct wirkende hydraulische Aufzüge werden in neuerer Zeit vielfach ausgeführt. Ihre Anordnung besteht darin, dass Wasser in einen geschlossenen Cylinder geleitet wird, in welchem es auf die Fläche eines Kolbens oder Stempels drückt, durch dessen Verschiebung die Förderlast gehoben wird. Am einfachsten und billigsten benutzt man dazu den in den Wasserleitungen vorkommenden Druck, obwohl derselbe selten mehr als 4 bis 6 Atmosphären beträgt. Diese Spannung ist aber zur Beförderung von Personen und kleineren Lasten selbst auf ziemlich bedeutende Höhen vollständig genügend und deshalb hat gegenwärtig die Anlage eines neuen Wasserwerkes in jeder Stadt viele Anlagen derartiger hydraulischer Aufzüge zur Folge. Das ablaufende Wasser kann man zu gewerblichen und wirthschaftlichen Zwecken meist wieder benutzen und somit fällt der Betrieb äusserst billig aus. Steht eine Wasserleitung nicht zur Verfügung oder ist zur Beförderung grösserer Lasten ein stärkerer Druck nöthig, so muss man durch Pumpen dem Wasser die erforderliche Pressung ertheilen und dasselbe in einem besonderen Behälter, dem Accumulator, ansammeln. Diese wichtige,

von Armstrong erfundene Maschine (Fig. 1016) besteht aus einem Cylinder A, in welchem ein Kolben B wasserdicht verschiebbar ist und durch einen mit Stein beschwerten Behälter D abwärts gedrückt wird. Bei E tritt das von dem Pumpwerk gelieferte Wasser ein, während F das durch einen Hahn verschlossene Abflussrohr des gepressten Wassers ist, mit dem man die verschiedenen Hebevorrichtungen speist. Die Belastung des Accumulatorkolbens entspricht gewöhnlich dem Druck einer Wassersäule von ca. 44 Atmosphären = 1500 Fuss engl.

Einen einfachen, direct wirkenden, für das St. Hedwig-Krankenhaus in Berlin ausgeführten hydraulischen Aufzug zeigen die Fig. 1018—1019, und zwar ist dies die gebräuchlichste Anordnung derartiger Aufzüge. Das aus der Wasserleitung resp. dem Accumulator kommende Wasser fliesst durch das Rohr o in den Cylinder a ein und drückt den hohlen, unten geschlossenen Stempel aufwärts.

Dieser trägt an seinem oberen Ende den Fahrstuhl c, welcher aus Flacheisen und T-Eisen gebildet ist und durch 4 Rollen d sicher geführt wird. Soll letzterer abwärts gehen, so lässt man das Wasser durch dieselbe Oeffnung aus dem Cylinder a in einen anderen Rohrstrang wieder ablaufen, wodurch sich der Stempel allmählich senkt. Die Umsteuerung wird durch einen Hahn oder durch einen Schieber bewirkt, welch letzterer gewöhnlich selbstthätig die Wasserzuleitung abstellt, sobald der Fahrstuhl in seiner höchsten Stellung angekommen ist. Unbequem ist bei der Anlage derartiger Aufzüge eigentlich nur das Abteufrohr e, welches so tief vertical in die Erde eingebohrt werden muss, als die gesammte Förderhöhe beträgt, doch ist die Anlage im übrigen so einfach und billig und der Betrieb so sicher und ruhig, dass man sie jetzt allgemein anderen Anordnungen vorzieht. Bei grösseren Förderhöhen wird man zweckmässig auch hier durch ein Gegengewicht, welches an einem an der Decke des Fahrstuhls angebrachten, über eine feste Rolle geleiteten Seile hängt, das Gewicht des Stempels und des Fahrstuhls ausbalanciren.



Fig. 1017.

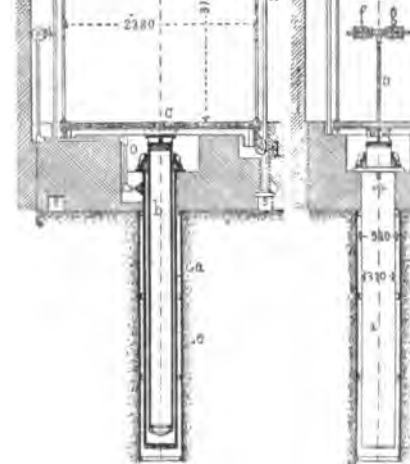


Fig. 1018—1019.

Wm. Barnet le Van in Philadelphia hat das lange Abteufrohr vermieden und selbst für bedeutende Förderhöhen den Stempel wesentlich gekürzt durch Anwendung eines sog. Teleskop-Plungers (Fig. 1017). In dem kurzen Treibcylinder b befinden sich drei ineinander gesteckte hohle Plungerkolben c, d und e, deren mittelster mit der Plattform g des Fahrstuhls in directer Verbindung steht. Jeder dieser Plunger ist am unteren Ende mit einem ringförmigen Ansatze versehen, welcher die Hubbegrenzung beim Aufsteigen der einzelnen Kolben bildet. In der tiefsten Lage sind sie durch eine durchlochte Bodenplatte a unterstützt, welche auf einer entspreckend starken Evolutfeder f aufruht. Das Druckwasser tritt in das untere Ende des Treibcylinders ein und drückt die Kolben einzeln empor. Es ist klar, dass sich durch diese sinnreiche Anordnung neben grösserer Ersparniss auch eine bedeutend grössere Förderhöhe erzielen lässt.

Lane & Bodley in Cincinnati bauen Aufzüge mit liegendem hydraulischen Cylinder s (Fig. 1020—1022), dessen Kolbenstange mit einem auf Schienen horizontal geführten, 2 bis 6 Kettenrollen tragenden Kreuzkopf b in Verbindung steht. Eine gleiche Anzahl Rollen ist auf dem Ständer c gelagert. Durch eine über die Rollen geschlungene Kette wird die Bewegung des Treibkolbens in die raschere Bewegung des Fahrstuhles übersetzt. Der Schieber d wird durch ein die ganze Höhe des Aufzuges durchlaufendes, an der Rolle r befestigtes Steuerseil gesteuert und dadurch das Wasser in den Treibcylinder ein- resp. aus demselben abgelassen. Fig. 1022 zeigt die Stellung des als Doppelkolben ausgeführten und somit vollständig entlasteten Steuerungskolbens für den Aufgang des Aufzuges. Die Anordnung hat sich sehr gut bewährt.

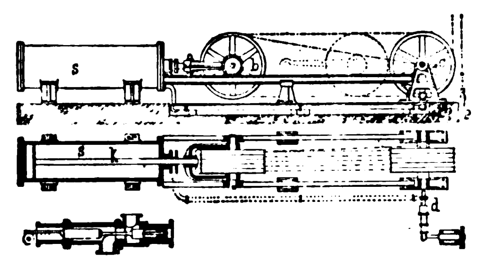


Fig. 1020—1022.

Einen hydraulischen Dampfaufzug von C. Guyenet in Paris stellen die Fig. 1023—1033 dar. Zwei Dampfcylinder CC sind mit einem Wasserdruckcylinder D durch eine Traverse E verbunden, welche durch eine über Rollen geleitete Kette mit dem Fahrstuhl in Verbindung steht. K ist das Steuerseil, welches

den die Dampfvertheilung bewirkenden Schieber *H* und die den Wasserzu- und Abfluss regulirenden Ventile *J* bewegt und durch ein Gegengewicht ausbalancirt ist. Ein Zug am Steuerseil von unten nach oben bewirkt das Einströmen von Dampf in die Cylinder *CC* und von Wasser in den Cylinder *D*, sodass die Traverse *E* und damit der Fahrstuhl gehoben wird. Dabei regulirt der Wasserdruckcylinder die Geschwindigkeit. Der Niedergang des Fahrstuhls erfolgt durch dessen Eigengewicht, indem durch einen Zug am Steuerseil von oben nach unten der Dampf und das Wasser aus den Cylindern ausströmen, wobei der Kolben des hydraulischen Cylinders als Bremse wirkt. An den Grenzen der Förderhöhe geschieht die Abstellung des Fahrstuhls automatisch. Dieser Aufzug ist bereits seit einer Reihe von Jahren auf den Werken zu Port-Brillet bei Laval im Betrieb und functionirt sehr gut.

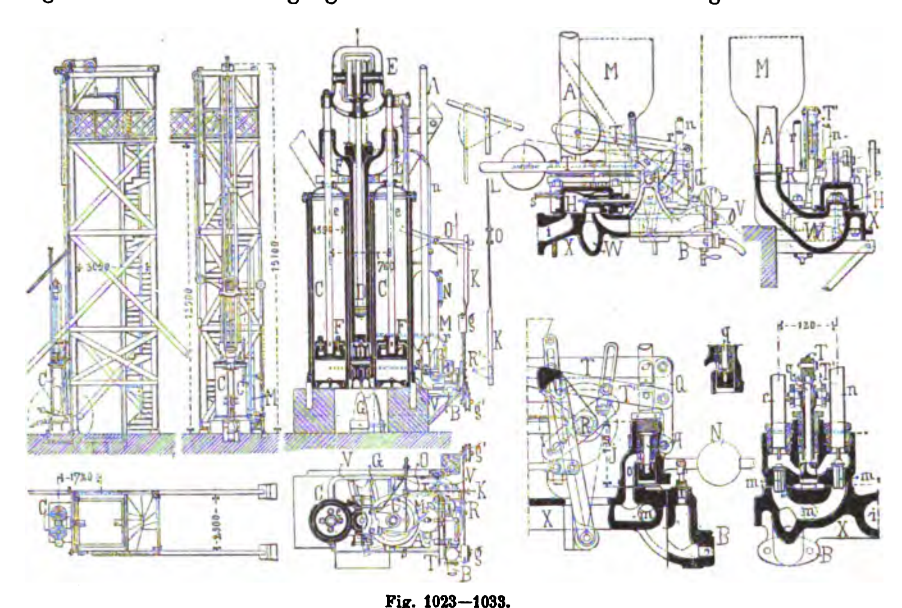


Fig. 1023—1033.

5. Pneumatische Aufzüge.

Pneumatische Aufzüge haben principiell dieselbe Einrichtung wie die hydraulischen und werden ebenso wie diese in directer und indirecter Anordnung ausgeführt. Sie finden namentlich als Gichtaufzüge für Hohöfen Verwendung. Einen der gebräuchlichsten pneumatischen Aufzüge nach dem System von Gjers zeigt Fig. 1034. Ein in dem cylindrischen Rohr *a* dicht schliessender Kolben *b* ist durch 4 Drahtseile, die über die Rollen *dd* geleitet sind, mit den vier Ecken der quadratischen Plattform *f* verbunden, und zwar ist dieser Kolben so schwer gemacht, dass er durch die Plattform nebst den leeren Erz- und Coakswagen ausbalancirt ist. Mittelst einer Dampfmaschine wird die Luft durch das Rohr *g* aus dem Cylinder *a* gesaugt, sodass der Kolben durch den Ueberdruck der äusseren Atmosphäre abwärts bewegt und somit die Plattform gehoben wird. Um letztere niedergehen zu lassen, wird durch eine Schieberstellung die Luftpumpe in eine Compressionspumpe verwandelt, welche durch dasselbe Rohr *g* so lange Luft in den Cylinder hineinpresst, bis der Ueberdruck den Kolben zum Aufsteigen zwingt.

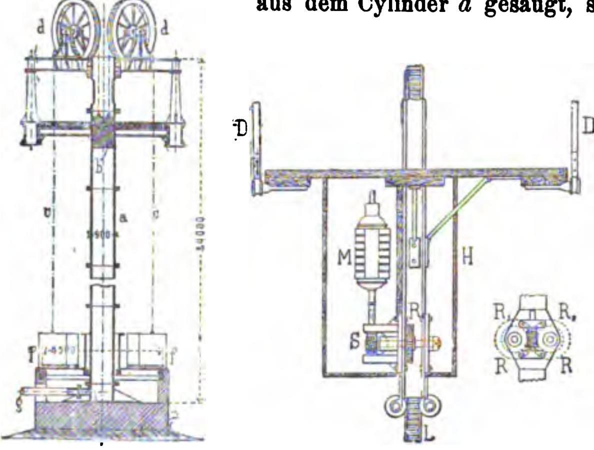


Fig. 1034. Fig. 1035—1036.

6. Elektrische Aufzüge.

Endlich sei noch auf einen namentlich für interimistischen Betrieb geeigneten elektrischen Aufzug von Siemens & Halske in Berlin hingewiesen, dessen Hauptheile in Fig. 1035—1036 abgebildet sind. An der Plattform des Fahrstuhls ist unten ein Holzkasten *H* befestigt, in welchem sich eine dynamo-elektrische Maschine *M* befindet. Die Achse dieser Maschine läuft in eine Schraube ohne Ende *S* aus, die in zwei Schneckenräder *RR* greift; auf den Achsen der Schneckenräder sitzen zwei Zahnräder R_1, R_1, welche von beiden Seiten in die Sprossen der aus Stahlblech gebildeten Leiter *L* eingreifen. Diese Leiter ist an den Grenzen der Förderhöhe an starken Balken sicher befestigt. Ein auf dem Fahrstuhl befindlicher Hebel ist mit einem Stromschalter derartig verbunden, dass bei seiner mittleren Stellung die Stromleitung unterbrochen

ist, während die Hebelstellungen nach rechts oder links bewirken, dass die dynamo-elektrische Maschine und mit ihr die treibende Schraube ohne Ende in dem einen oder anderen Sinne rotiren, mithin der Fahrstuhl an der Leiter auf- oder abwärts klettern muss. Durch passende Einrichtung wird bewirkt, dass sich diese Umschaltung selbstthätig an den Endpunkten vollzieht. Das Gewicht des Fahrstuhls und der Maschine wird durch ein Gegengewicht ausgeglichen, das an zwei über eine obere Rolle geleiteten Drahtbandseilen D hängt. Die Einfachheit der Einrichtung und die Billigkeit des Betriebes lassen diesen elektrischen Aufzug als sehr zweckmässig erscheinen.

F. Krahne.

Die Krahne sind Hebemaschinen, welche ausser einer Verticalbeförderung zugleich auch eine Horizontalbeförderung von Lasten ermöglichen. Man unterscheidet feststehende und transportable Krahne, je nachdem die Gerüste derselben mit einem Fundament fest verbunden oder auf besonderen Geleisen beweglich eingerichtet sind. Jede dieser beiden Gruppen zeigt mit Rücksicht auf die speciellen Zwecke und Verwendungsstellen sehr mannigfaltige charakteristische Ausführungen, die sich wieder in Krahne mit Handbetrieb, Transmissions-, Dampf-, hydraulische und pneumatische Krahne eintheilen lassen. Jeder Krahn ist zum Heben der Last mit einer Seil- oder Kettenwinde versehen, deren Einrichtung nicht von den im Vorstehenden besprochenen abweicht.

Die Drehkrahne sind transportabel oder feststehend, und zwar im letzteren Falle freistehende oder Wandkrahne. Das Gestell hat die Form eines um eine verticale Achse drehbaren Schnabels oder Ausledgers, d. i. eines längeren schräg ausladenden Armes, dessen äusserste Spitze eine Leitrolle aufnimmt, von welcher die Lastkette vertical herabhängt, die rückwärts nach der an dem drehbaren Gestell angebrachten Winde geführt ist.

1. Wandkrahne.

Einen Wandkrahn stellt Fig. 1039 schematisch dar. Es bezeichne Q die Tragkraft, G das Krahngewicht; erfahrungsmässig ist $G = Q$ und der Hebelarm b (Abstand des Schwerpunktes des Krahngerüstes von der Drehachse) ist $= \frac{1}{4}\,h$, $a = h$. Dann wird der Zapfendruck $P = \frac{5}{4}\,Q$. Die Zugstange hat der Kraft $T = Q\frac{a}{c} + G_1\frac{b_1}{c} - Q_1\frac{d}{c}$ Widerstand zu leisten, wobei G_1, das Gewicht des Ausladers, annähernd zu ermitteln ist. Die Hebelarme c, d u. s. w. sind dem aufgezeichneten Netz des Krahnes zu entnehmen.

Der Auslader wird auf Zerknickungsfestigkeit berechnet:

$$U = Q\frac{a}{g} + G_1\frac{b_1}{g} + Q_1\frac{f}{g}.$$

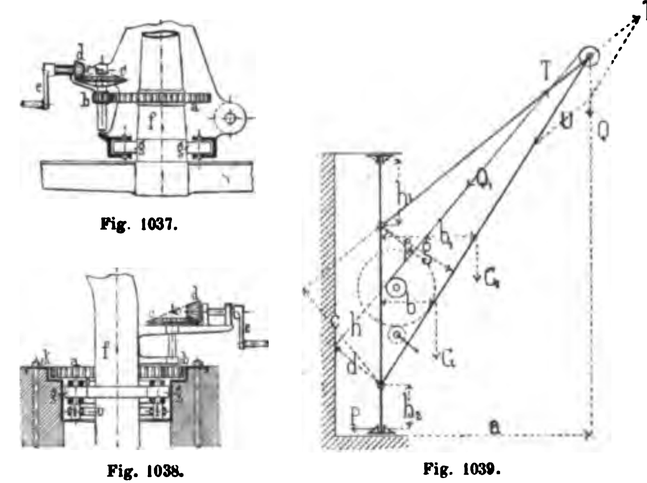


Fig. 1037. Fig. 1038. Fig. 1039.

Um den Reibungswiderstand bei der Drehung des Krahnes zu verringern, wendet man Frictionsrollen (Fig. 1037) oder Laufrollen (Fig. 1038) an. Ist d der Durchmesser der Krahnsäule, $\mathfrak{D}$ und $\mathfrak{d}$ derjenige der Rollen und Rollenzapfen, α der Winkel, unter dem zwei Rollen gegen das Wellenmittel stehen, dann ist das Reibungsmoment

bei Frictionsrollen $M = \left(f\frac{P}{\cos\frac{\alpha}{2}}\frac{\mathfrak{d}}{\mathfrak{D}} + \frac{0{,}11}{\mathfrak{D}}\right)\frac{d}{2}$; bei Laufrollen $M = \frac{P}{\cos\alpha}\,\frac{0{,}11}{\mathfrak{D}}\left(\frac{d}{2} + \mathfrak{D}\right)$.

Die Zapfen der Rollen sind von Stahl und haben einen Durchmesser $\mathfrak{d} = 0{,}056\,\sqrt{P}$; ($P =$ Zapfendruck). Für Laufrollen ist $\mathfrak{D} = 0{,}1\,\sqrt{P}$; $\mathrm{L} = 0{,}8\,\mathfrak{D} - 1{,}0\,\mathfrak{D}$.

Einen einfachen hölzernen Wandkrahn von C. J. Appleby in London zeigt Fig. 1040. Die zur Aufnahme der Last bestimmte Kette läuft über eine feste Rolle und wickelt sich dann auf eine Trommel, welche durch eine Winde mit einfachem Vorgelege mittelst eines Seiles in Umdrehung versetzt wird. Die Verstrebung des Ausladers ist durch zwei Rundeisenstangen und ein gusseisernes Dreieck in sehr einfacher

und stabiler Weise erreicht. Zu ihrer Drehung hat die Krahnsäule unten einen gewöhnlichen Spurzapfen, oben einen Halszapfen.

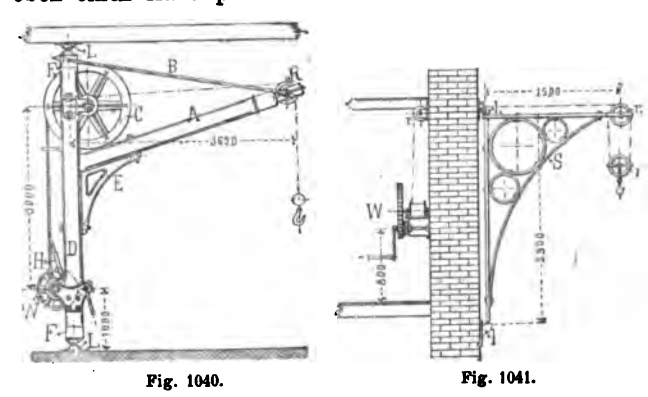


Fig. 1040. Fig. 1041.

Ein fast noch einfacherer eiserner Wandkrahn, von E. Becker in Berlin, ist in Fig. 1041 dargestellt. Derselbe ist für Waarenhäuser bestimmt und deshalb sehr leicht gehalten, indem er vollständig aus zusammengenieteten Flach- und Quadrateisenstäben hergestellt ist. Die Kette läuft über eine horizontale Rolle an der Spitze des Auslegers, geht dann zwischen zwei verticalen Führungsrollen hindurch, um im Inneren des Gebäudes über eine kurze Trommel hinweg nach einer gewöhnlichen Winde geleitet zu werden. Spur- und Halslager sind durch Consolen gebildet, die an die Wand angeschraubt werden.

In ähnlicher Weise ist der in Fig. 1045—1050 abgebildete hängende Krahn construirt. Eine an der Decke befestigte, gusseiserne hohle Säule *A* trägt an ihrem unteren Ende den in einem Halslager drehbaren, aus Rundeisen gebildeten Ausleger *B*, welcher oben durch zwei schmiedeeiserne Zugstangen *z* gehalten wird. Die Last hängt an einer losen Rolle *R*, welche mittelst eines über mehrere feste Rollen geführten Seiles *S* wiederum durch eine gewöhnliche Winde auf- und niederbewegt wird.

Einen gusseisernen Wandkrahn zeigt Fig. 1042—1044. Krahnsäule, Auslader und Zugstange bestehen aus einem mit zahlreichen Aussparungen versehenen Gusseisenstück von I-förmigem Querschnitte, welches zur Aufnahme der oberen Rolle am Auslader gegabelt ist.

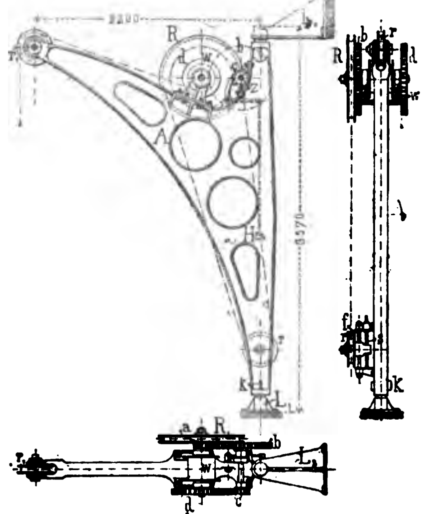


Fig. 1042—1044.

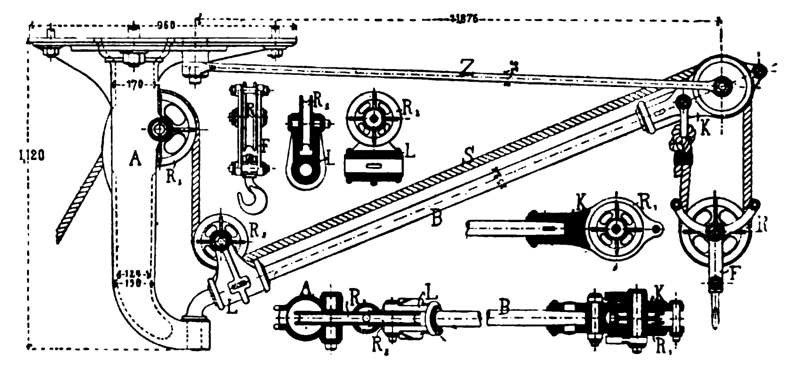


Fig. 1045—1050.

Oben auf dem Ausleger ist die Winde angebracht. Auf der Trommelwelle sitzt, mit einem kleinen in das erste Vorgelege eingreifenden Zahnrad fest verbunden, eine lose Seilscheibe, welche mit einer zweiten, am Fusse der Krahnsäule angebrachten Scheibe durch ein Seil in Verbindung steht. Diese untere Rolle ist nicht fest gelagert, sondern mittelst einer Schraube herauf und herunter beweglich, sodass die Schnur immer fest gespannt bleibt. Letztere wird mit der Hand bewegt und auf diese Weise die Windetrommel in Umdrehung versetzt, also die Last gehoben resp. gesenkt.

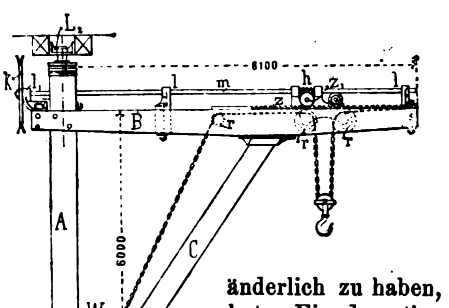


Fig. 1051.

Oft ist es wünschenswerth, die Ausladung des Krahnes veränderlich zu haben, wie sich dies namentlich in Giessereien als nothwendig herausgestellt hat. Ein derartiger hölzerner Krahn von Appleby in London ist in Fig. 1051 dargestellt. Durch ein Kettenrad *k* und eine Schraube ohne Ende *h* wird der auf den Zugstangen befindliche kleine Wagen, die sog. Katze, vor- und rückwärts bewegt und damit auch die zur Aufnahme der Last bestimmte lose Rolle. Letztere hängt an einer Kette, welche am äussersten Ende der Zugstange *B* befestigt ist, über zwei Rollen *r r* der Katze und eine feste Rolle der Zugstange hinweggeht und sich unten auf die Windetrommel aufwickelt. Die Katze läuft mittelst Zahnräder auf einer Zahnstange *z*.

Um eine grössere Dauerhaftigkeit und eine weniger schwerfällige Construction zu erhalten, führt man die Giessereikrahne jetzt meistens aus Eisen, oder wenigstens aus Holz und Eisen, aus. So zeigt Fig. 1052 bis 1053 einen drehbaren eisernen Giessereikrahn von Hermann Michaelis in Chemnitz. Die Krahnsäule *A* hat kreisförmigen Querschnitt, der Auslader *B* ist aus zwei I-Trägern gebildet, die beiden Stützsysteme aus Flacheisen. Die Katze *K* besteht aus vier miteinander verbundenen, auf den Trägern laufenden Rädern, welche zwei Rollen tragen, die durch Ketten mit der Winde und mit der zur Aufnahme der Last bestimmten losen Rolle in Verbindung stehen. Durch Verschieben der Kurbelwelle kann das Heben der Last mit einfacher oder doppelter Räderübersetzung stattfinden. Eine Bremse ist wegen Vermeidung jeder Complication in Anordnung und Betrieb nicht angebracht und wird ersetzt durch das dazu qualificirte Zahnradvorgelege und durch äquilibrirte Kurbeln, welche beim Ablaufen der Last frei spielen und durch leichtes Handauflegen auf die Kurbelwelle die Ablaufgeschwindigkeit nach Wunsch reguliren lassen. Gewöhnlich werden diese Krahne für eine Tragfähigkeit gebaut, welche in den Grenzen zwischen 5000 und 15000 kg liegt. Die Ausladung beträgt meist 5—7 m. Die Bedienung erfolgt durch einen Arbeiter für leichtere, durch zwei für schwerere Lasten.

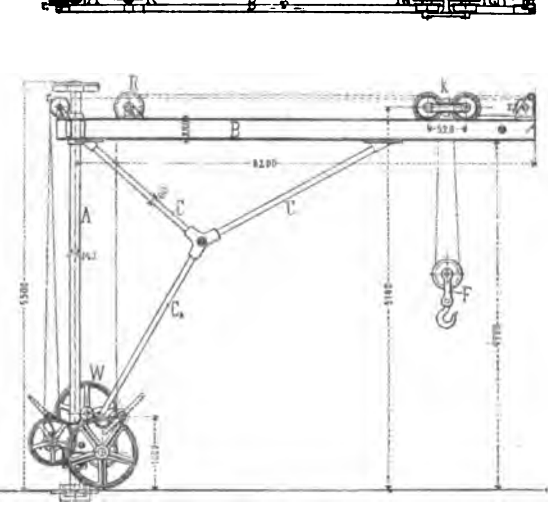


Fig. 1052—1053.

In Fig. 1054—1059 ist ein grösserer, für 15000 kg Tragfähigkeit construirter Giessereikrahn abgebildet. Derselbe hat eine Holzsäule *A*, auf deren Enden Gusschuhe *f* und *g* aufgetrieben sind, und zwar ist an dem unteren Schuh der Spurzapfen direct angegossen. Der letztere läuft auf einer Stahlplatte, welche in die mit dem Fundament verankerte Grundplatte *h* eingelassen ist. Der obere Schuh trägt eine Hülse zur Aufnahme des oberen stählernen Drehzapfens und zweier seitlicher Naben zum Durchstecken eines Bolzens für die Zugstangen *C* und *D*. Der obere Drehzapfen läuft in einer Deckplatte. In einer Höhe von 5 m über dem Fussboden sind die beiden, den Ausleger bildenden I-Träger an die Holzsäule angeschraubt und an beiden Enden miteinander verbunden. Ausserdem sind noch auf der entgegengesetzten Seite des Auslegers Spannstangen angebracht, welche das Durchbiegen der Holzsäule und das Zerknicken der Träger verhindern. Die Kette ist am äussersten Ende der Träger befestigt, umschlingt die vier Rollen der Katze *K* sowie die beiden Rollen des Klobens *F*, geht dann über die obere Rolle an der Holzsäule und wird schliesslich von der gezahnten Rolle der Winde *W* erfasst. Die Leitrolle bewirkt die Umspannung der Kette auf dem halben Umfang der gezahnten Rolle und führt dieselbe dann in einen darunterliegenden Kettenkasten *k*; die Kettenrolle kann mittelst einfachen oder doppelten Vorgeleges bewegt werden. Auf die I-Träger sind gehobelte Schienen aufgenietet, damit die Last der

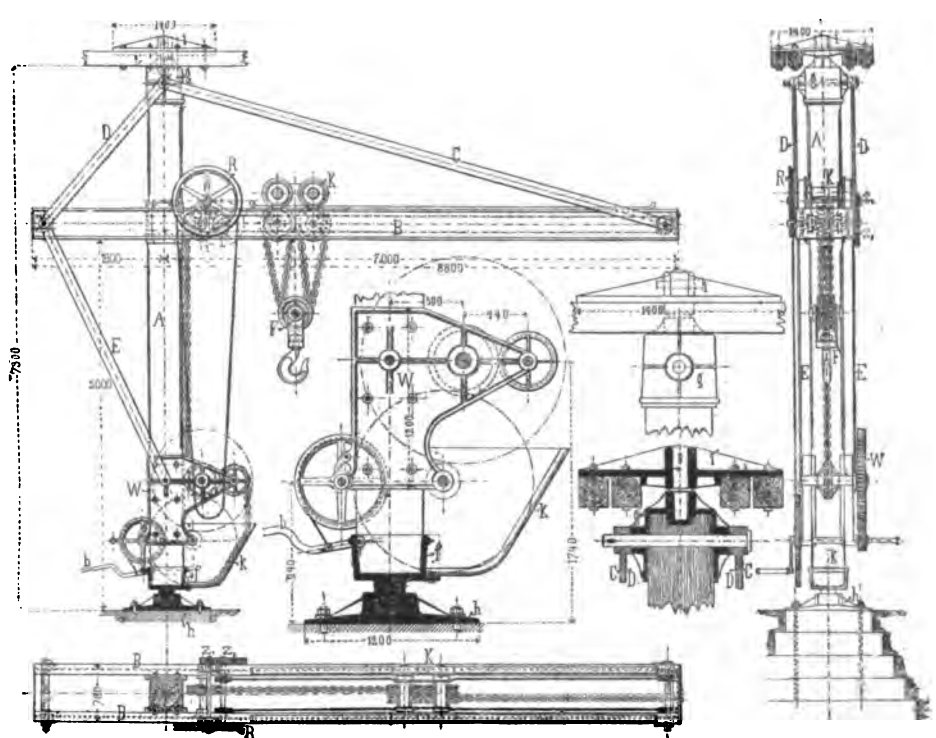


Fig. 1054—1059.

Katze genau auf die Mitte der Träger wirkt. Die Bewegung der Katze geschieht durch zwei Ketten, welche über gezahnte Rollen laufen. Die letzteren werden mittelst Räderübersetzung von der grossen Kettenrolle aus bewegt, um welche eine Kette geschlungen ist, die von Hand gezogen wird.

2. Freistehende Drehkrahne.

Freistehende Drehkrahne, auch wohl Quai- oder Uferkrahne genannt, haben entweder eine zum Theil in einen Schacht versenkte drehbare Säule, welche sich mit ihrem Spurzapfen in ein auf der Schachtsohle angeordnetes Fusslager stützt, oder die Krahnsäule steht fest und es ist dafür eine drehbare Krahnhülse angeordnet, welche die Strebe und den Ausleger aufnimmt. Ein freistehender Krahn ersterer Art ist in Fig. 1060 schematisch dargestellt.

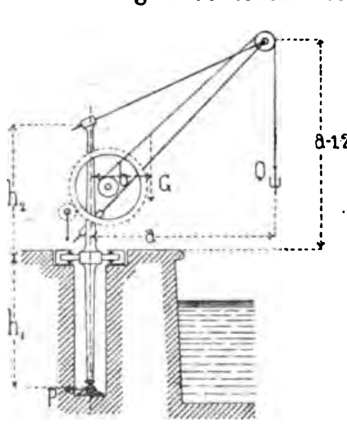


Fig. 1060.

Gewöhnlich macht man $h_1 = 0{,}6\,a - 0{,}8\,a$ und $h_2 = 0{,}4\,a$. Das Gewicht der drehbaren Theile ist $G = \frac{3}{4}\,Q$. Der Zapfendruck ist $P = Q\frac{a}{h_1} + G\frac{b}{h}$. Der Durchmesser des stählernen Stützzapfens ist $d = 0{,}09\,\sqrt{P}$.

Soll der Krahn durch ein Getriebe mit Zahnkranz gedreht werden, dann ist der Zahndruck $D = \frac{M}{R} = \frac{\text{Reibungsmoment}}{\text{Radhalbmesser}}$. Da leicht Stösse vorkommen, so macht man abweichend die Zahntheilung $t = 0{,}19\,\sqrt{D}$.

Steckt die Säule in einer Grundplatte, so ist die Zapfenlänge $= \frac{5}{4}\,D$, wenn D der mittlere Durchmesser der Säule ist.

Einen sehr einfachen freistehenden Krahn mit drehbarer Säule zeigt Fig. 1061—1065. Die Säule A ist aus Gusseisen mit eingesetztem stählernen Spurzapfen und dreht sich in einem Schacht, welcher geräumig genug ist, um einen Arbeiter zu eventuellen Reparaturen, sowie zum Schmieren, durch ein in der verankerten Fundamentplatte angebrachtes Loch hineinsteigen zu lassen. Der Ausleger C ist unten durch einen Bolzen an der Säule befestigt und wird oben durch zwei Zugstangen z gehalten. Die Windetrommel wird ohne jede weitere Uebersetzung durch eine Schraube ohne Ende H gedreht; das Drehen der Säule geschieht durch Hand.

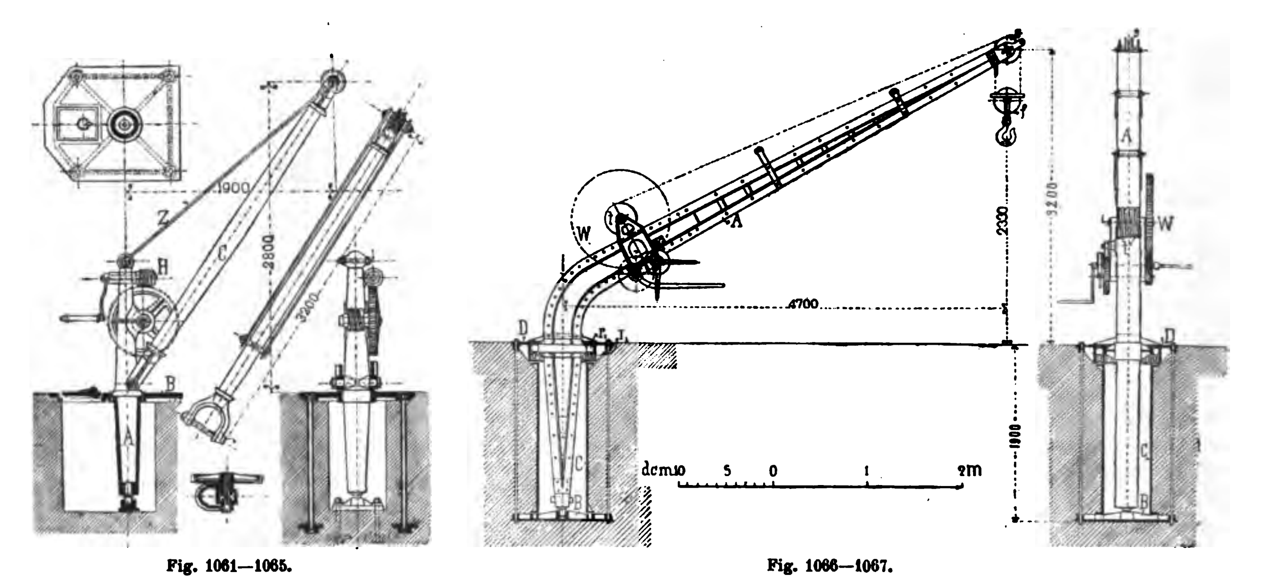


Fig. 1061—1065. Fig. 1066—1067.

Der Umstand, dass der Ausleger verhältnissmässig viel Platz einnimmt und dass seine Verbindung mit der Krahnsäule keine continuirlich feste Construction giebt, veranlasste im Jahre 1850 den englischen Ingenieur W. Fairbairn, Krahne aus Eisenblech zu construiren, bei denen Ausleger, Krahnsäule und Zugstange zu einem einzigen Stück verbunden sind. Ein derartiger Krahn von van der Zypen & Charlier in Deutz, ebenfalls mit drehbarer Säule, ist dargestellt in Fig. 1066—1067. Der Krahnkörper A ist aus Eisenblechen zusammengenietet und bildet in seinem Querschnitt rechtwinkelig zur Mittelaxe überall Rechtecke, welche nach oben hin an Grösse abnehmen. An den gusseisernen Schacht schliesst sich unten die Spur-

platte *B* an, welche mit der oberen Platte *D* durch Anker fest verbunden ist. Die Anzugskette ist über Leitrollen hinweggeleitet und wickelt sich auf die Trommel *t* der Winde auf, welche mit doppeltem Vorgelege und Bremse versehen ist. Die Drehung des Krahnes geschieht mit Hilfe von Frictions- und Laufrollen.

Um die Unbequemlichkeit, welche mit der Anordnung der Grube verbunden ist, zu umgehen und eine leichtere Zugänglichkeit des Spurzapfens zu erreichen, wendet man jetzt häufiger die freistehenden Krahne mit fester Säule und drehbarem Gehäuse an. Ein derartiger Krahn von Gebrüder Weismüller in Frankfurt a. M. ist in Fig. 1068 abgebildet. Die im Fundament verankerte Platte *F* trägt die feste Säule, um welche sich auf einem oberen Zapfen das Gehäuse *B* dreht. Ausleger *A* und Zugstangen *Z* sind aus Schmiedeeisen, die Winde mit doppeltem Vorgelege und Bremse, sowie gegen den Einfluss der Witterung mit einem kleinen Schutzdach *D* versehen. Die Drehung des Krahnes geschieht durch ein in den Zahnkranz der Bodenplatte eingreifendes Zahnrad, welches mittelst Kurbeln und Winkelräder bewegt wird.

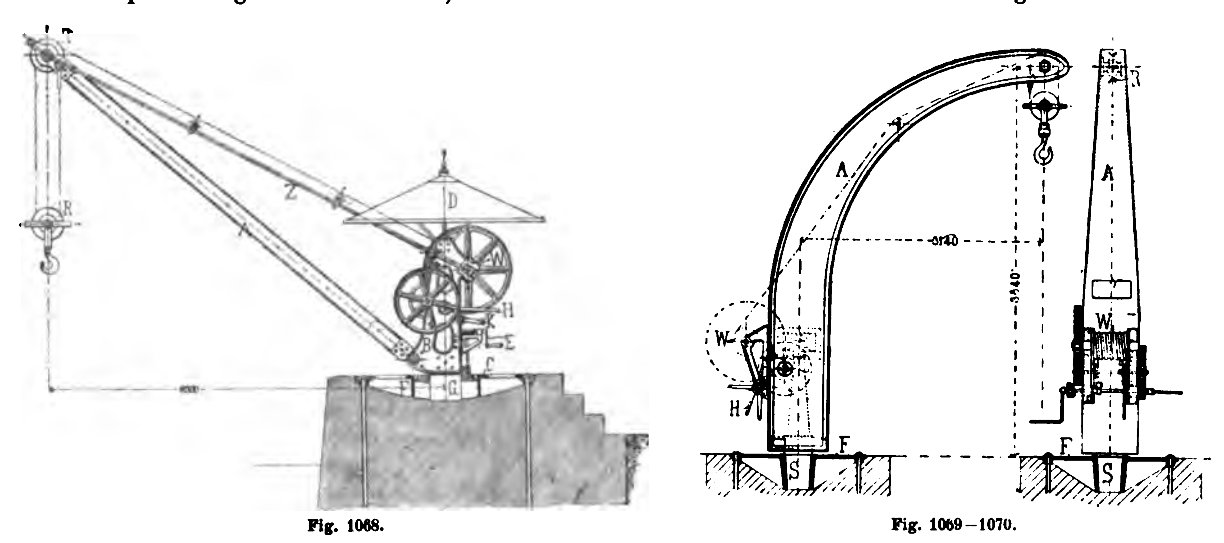


Fig. 1068. Fig. 1069—1070.

Einen Fairbairn-Krahn von van der Zypen & Charlier in Deutz mit feststehender Säule zeigt Fig. 1069—1070. Der hohle, aus Blech gebildete Krahnkörper ist so geformt, dass er möglichst wenig Raum wegnimmt. In seinem hohlen Raume läuft die Anzugskette, welche über eine Leitrolle hinweg zur Trommel geführt wird. Die Winde ist auf zwei Schildern am Krahnkörper angebracht und mit Bremse und verschiebbarem doppelten Vorgelege versehen. Die Tragkraft des Krahnes beträgt 3000 kg.

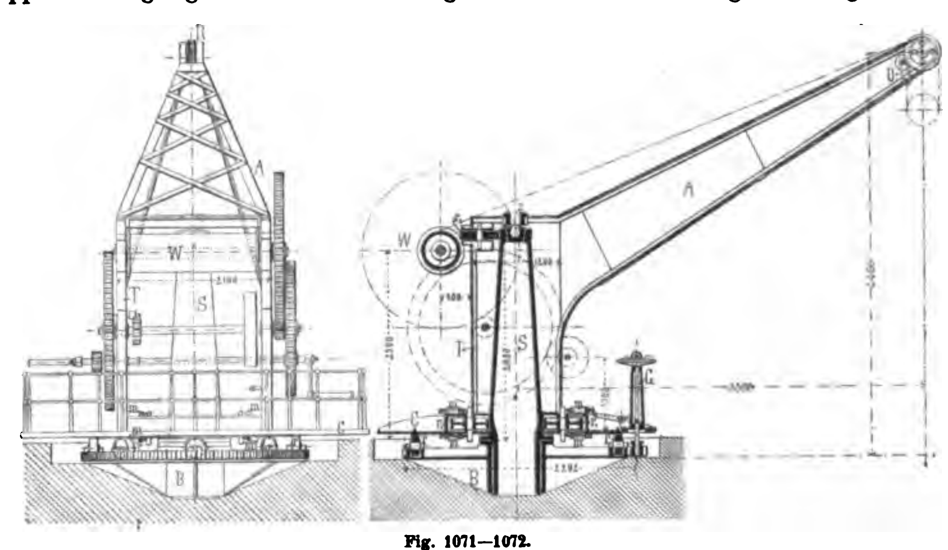


Fig. 1071—1072.

Ein für den Hafen zu Husum ausgeführter Krahn von 250 Ctr. Tragfähigkeit von Ph. Reden in Ellerbeck bei Kiel ist in Fig. 1071 bis 1072 dargestellt. Die beiden Seitenbleche des Auslegers *A* sind durch Winkeleisen und Deckbleche miteinander verbunden und vereinigen sich unten zu dem Gehäuse *T*, das in seinem Inneren die feste Krahnsäule *S* mit oberem Kugelzapfen birgt. Die Drehung geschieht durch ein kleines Zahnrad, das in den verzahnten Kranz der Platte eingreift und durch eine Kurbel und Kegelräder bewegt wird. Frictions- und Laufrollen $r r_1$ unten und oben erleichtern das Drehen des Gehäuses. Um den Krahn herum führt ein an der oberen drehbaren Platte befestigtes Schutzgeländer.

Fig. 1073 zeigt einen freistehenden, durch Dampf betriebenen Drehkrahn von A. Chaplin & Co. in Glasgow. Die Dampfmaschine ist an dem Gehäuse G montirt und bewegt mittelst Kurbelscheibe k die Vorgelegwelle der Winde. Im übrigen zeigt der Krahn keine abweichenden Constructionen.

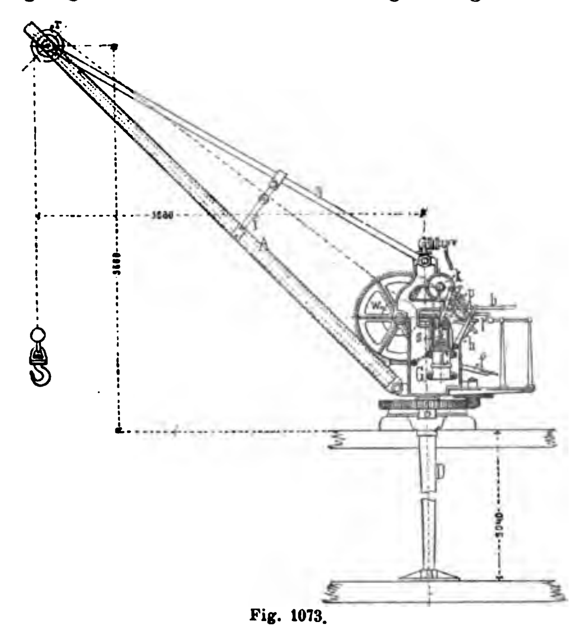


Fig. 1073.

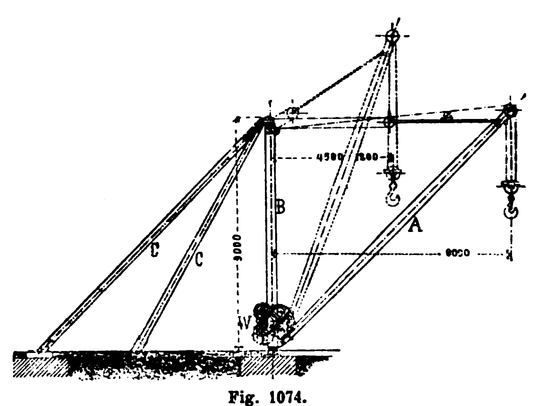


Fig. 1074.

Auch die freistehenden Krahne kann man mit veränderlicher Ausladung construiren, indem man den Ausleger um seinen unteren Stützpunkt drehbar macht. Dabei wird das obere Halslager der Krahnsäule durch zwei am Boden befestigte Streben gehalten, sodass man eine Art Dreieckconstruction erhält. Einen derartigen hölzernen Drehkrahn von 200 Ctr. Tragkraft zeigt Fig. 1074. Die Krahnsäule B ruht mit ihrem Spurzapfen in einer fest verankerten Platte, während das obere Halslager durch zwei hölzerne Streben CC festgehalten wird. Der Ausleger A stützt sich unten gegen den Fuss der Krahnsäule, oben dagegen wird er durch eine Kette gehalten, welche gestattet, die Ausladung zu verringern. Je kleiner man dieselbe nimmt, desto höher erhebt sich natürlich die Kettenrolle des Auslegers. Die Construction der Winde ist wie gewöhnlich.

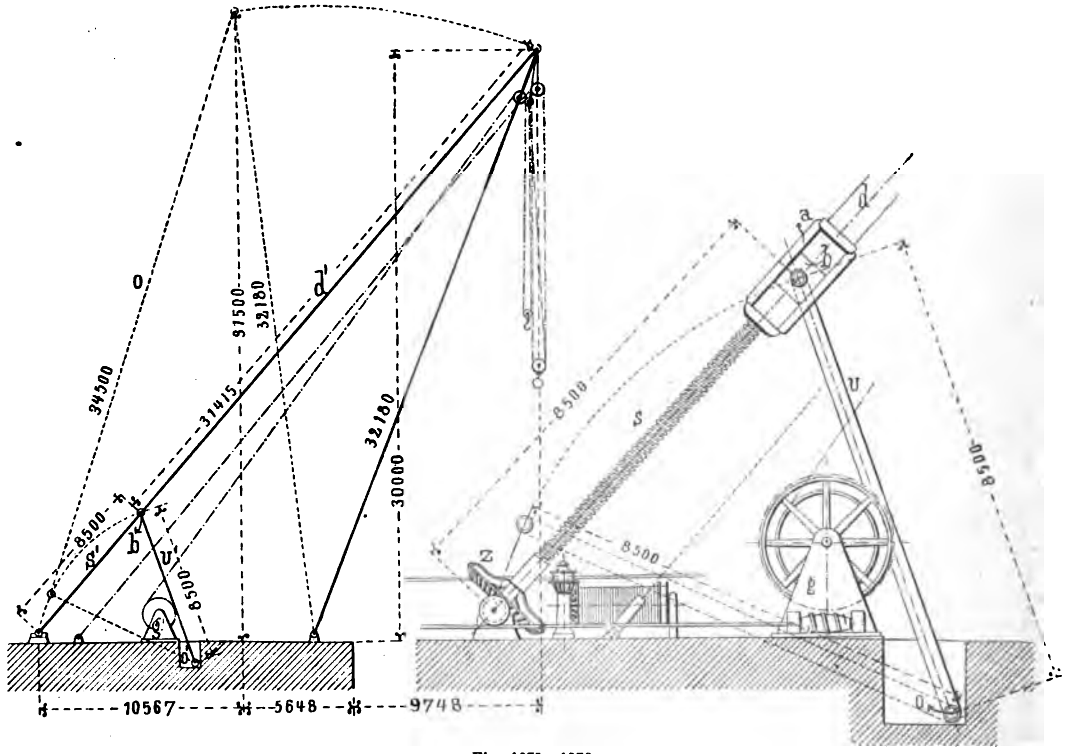


Fig. 1075—1076.

3. Scherenkrahne.

Die Scherenkrahne, welche in Häfen besonders zum Ein- und Ausheben der Masten dienen, unterscheiden sich dadurch von den zuletzt besprochenen, dass sie die Verschiebbarkeit des Krahndreiecks gestatten und damit einen mehr oder weniger grossen Vorschub des Kopfes gegen die Wasserseite, verbunden mit einer relativ geringen Hebung desselben. Sie sind bezüglich der Dimensionen ihrer Gerüsttheile und der Förderlasten die mächtigsten Hebemaschinen. Man baut sie mit horizontaler, in neuester Zeit besser mit geneigter Bewegungsschraube. Fig. 1075—1076 zeigt einen von Waltjen in Bremen für den deutschen Kriegshafen Heppens ausgeführten Scherenkrahn. Der Fuss des Hinterbeines läuft in eine Mutter aus, welche sich auf der starken Schraube S verschieben kann, sodass das Beindreieck in die punktirte Lage übergeht, wobei ein Gegenlenker die Schraubenspindel von der Beanspruchung auf Biegung möglichst entlastet. Unter Einschaltung mehrerer Zahnradvorgelege oder auch einer Umkuppelung zur Veränderung der Drehrichtung der Welle r wird zum Heben und Senken der Last von einer stationären Dampfmaschine die endlose Schraube g in Umdrehung versetzt, deren Gewinde in die Zähne eines Rades greift, welches auf der Trommelwelle befestigt ist, und die zum Auf- und Abwinden der zum Heben und Senken der Last vorhandenen Förderkette dient. In ähnlicher Weise werden auch die Umdrehungen der Dampfmaschinenwelle auf das Kegelgetriebe übertragen, welches die Verschiebung der Mutter auf der Schraube S und damit die Verlängerung oder Verkürzung des Hinterbeines für den Horizontaltransport der Last bewirkt.

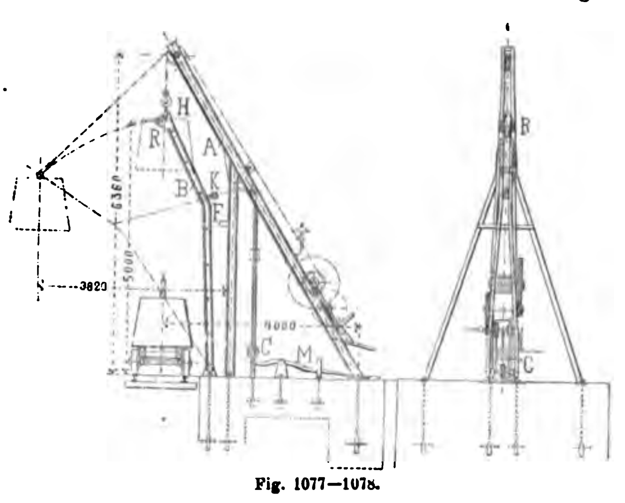


Fig. 1077—1078.

Im Anschluss an die Scherenkrahne sei hier noch eines Krahnes erwähnt, welchen van der Zypen & Charlier in Deutz nach dem Patent Wendt zum Kohlenverladen für Locomotiv-Tender bauen. Der Krahn besteht, wie aus Fig. 1077—1078 ersichtlich, aus einem festen eisernen dreibeinigen Bock A mit Trommelwinde und einem um eine Horizontalachse drehbaren Ausleger B. Letzterer ist durch eine schwache Kette mit einem Gegengewicht C verbunden, welches durch den Hebelmechanismus M gehoben werden kann und somit die veränderliche Ausladung bewirkt. Die zum Verladen der Kohlen dienenden eisernen Kufen werden in das Auslegerhaupt eingehakt und dadurch dem Tender unmittelbar zugeführt.

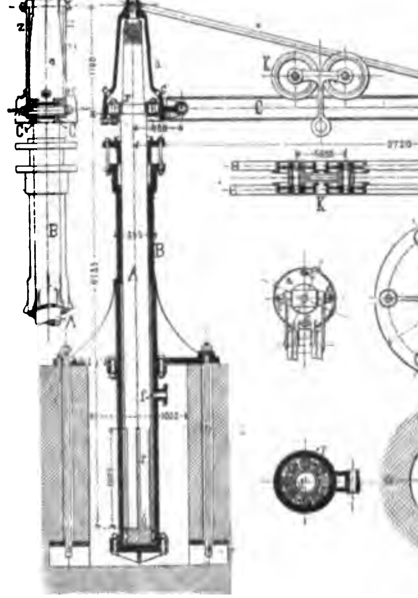


Fig. 1079—1080.

Fig. 1081—1087.

4. Hydraulische Krahne.

Hydraulische Krahne zeichnen sich im allgemeinen durch grosse Einfachheit der Construction und leichte Handhabung aus und kommen deshalb in neuerer Zeit vielfach zur Anwendung. Fig. 1079—1080

zeigen einen einfachen hydraulischen Krahn von Appleby in London, wie er namentlich für Waarenhäuser sehr gut geeignet ist. *A* ist der Treibcylinder, dessen Kolben mit einem Flaschenzug in Verbindung steht, welcher zum Heben und Senken der Last dient, während das Drehen des Krahnes durch die beiden kleinen Cylinder *B* und *C* ebenfalls unter Vermittelung von Flaschenzügen besorgt wird. Der Flaschenzug des Treibcylinders hat zwei Flaschen, welche zum Zwecke der Hubvervielfältigung mit drei resp. vier Rollen versehen sind.

Der in Fig. 1081—1087 abgebildete hydraulische Krahn ist zum Zwecke des Heraushebens der Barren aus der Giessgrube eines Bessemerwerks construirt. Der massive gusstählerne Stempel trägt die Haube *a*, an welcher der Ausleger befestigt ist, welcher mit Hilfe eines Rollenkranzes leicht gedreht werden kann. An seinem unteren Ende ist der Stempel mit vier Längsnuthen *e* versehen, deren Querschnitte zusammen so gross sind wie der der Ein- und Ausströmungsöffnung *f*. Treten diese Nuthen aus der Stopfbüchse hervor, so wird durch das Ausströmen des Wassers das weitere Heben des Stempels verhindert. Als elastische Unterlage dient der Holzklotz *g*, welcher das Durchstossen des Cylinderbodens verhütet.

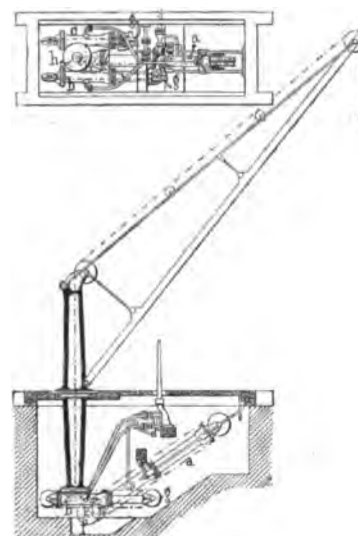


Fig. 1088—1089.

Einen für den Hafen von Antwerpen ausgeführten hydraulischen freistehenden Krahn zeigen Fig. 1088—1089. Derselbe ist nach Armstrong'schem System construirt und so angeordnet, dass der Wasserdruck sowohl die senkrechte Auf- und Abwärtsbewegung der Last als auch die Drehung der Krahnsäule bewirkt. Zur ersteren Bewegung dient die Wassersäulenmaschine, deren Cylinder *a* das gepresste Wasser eines Accumulators in geeigneter Weise zugeführt wird. Mit der Stange seines Druckkolbens ist die lose Flasche eines Flaschenzugs verbunden, dessen correspondirende feste Flasche *f* ist. Ueber die Rollen dieses Flaschenzugs geht die am Cylinder befestigte Hubkette, welche durch die hohle Krahnsäule geführt ist und die feste Rolle am höchsten Punkte des Auslegers passirt. Die Drehung der Krahnsäule wird durch zwei andere Wasserdruckmaschinen *b* und *c* bewirkt, deren Arbeitscylinder horizontal gelagert sind. Auch hier wird die Grösse des Kolbenhubes durch Einschaltung eines Flaschenzuges multiplicirt, dessen lose Flasche *g* am äussersten Ende der Kolbenstange sitzt, während die feste Flasche mit dem festgelagerten Cylinder verbunden ist. Die Drehkette ist mit ihren Enden oberhalb der Cylinder *b* und *c* befestigt und in geeigneter Weise sowohl über die Rollen des Flaschenzuges als über eine Kettenscheibe *h* geschlagen, welche mit dem untersten Theile der Drehsäule zu einem Ganzen verbunden ist. Das regelmässige Spiel der Wasserdruckmaschinen wird durch Steuerungen mittelst Hebel bewirkt.

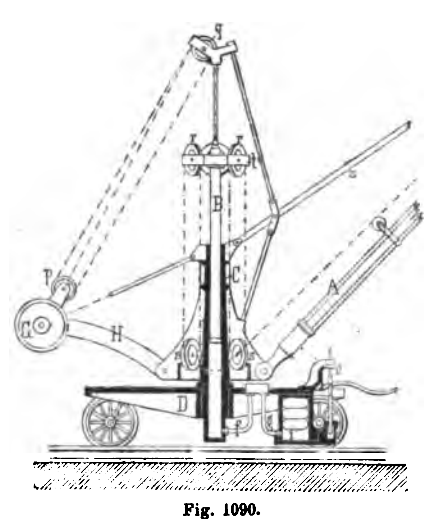


Fig. 1090.

Von eigenthümlicher Anordnung ist der hydraulische Krahn von Ritter in Altona, Fig. 1090. Bei demselben bildet die hohle Krahnsäule den Cylinder, dessen Kolben drei unter 120° gegeneinander gestellte Rollen trägt. Um diese und um drei feste Rollen im Fussgestell ist eine Kette geführt, sodass ein Flaschenzug mit 6facher Hubvergrösserung gebildet ist. Durch eine Handpumpe *e* wird das Druckwasser aus einem Windkessel *i* unter den Kolben *B* gepresst, dessen Aufsteigen die Hebung der Last zur Folge hat, welche gleichzeitig durch das Sinken eines Gegengewichts befördert wird. Beim Sinken der Last tritt das Wasser in den Windkessel zurück, wobei es die Luft comprimirt und das Gegengewicht wieder hebt. Dadurch wird das selbstthätige Hinaufgehen der unbelasteten Kette bewirkt, ein Umstand, der besonders beim Absetzen von Lasten sehr wichtig ist. Die Pumpe kann so umgesteuert werden, dass sie Wasser aus dem Cylinder saugt, wenn man die Kette zum Aushaken schlaff machen will. Die Vortheile dieses Krahnes sind vornehmlich sanfte und sichere Bewegungen, das Fehlen aller Zahnräder, Kettentrommeln und Bremsen und die geringe Arbeiterzahl zur Bedienung. Der Krahn ist als Rollkrahn construirt, worüber im Folgenden Näheres angegeben wird.

Transportable Krahne. Bei den transportablen Krahnen kann das ganze Krahngerüst zum Zwecke der Horizontalförderung der Last auf Geleisen bewegt werden, während die Verticalförderung je nach der Einrichtung und Bestimmung der Maschine durch Hand- oder Dampfwinden, sowie durch Transmission erfolgen kann. Man unterscheidet Rollkrahne und Laufkrahne.

5. Rollkrahne.

Dieselben sind der Hauptsache nach freistehende Krahne mit fester Säule und drehbarer Hülse und gewöhnlich auch mit drehbarem Ausleger. Sie unterscheiden sich von den festen Krahnen wesentlich nur in der Montirung des Krahngestelles auf einem durch ein Gegengewicht ausbalancirten vierrädrigen Wagen, der auf einem Schienengeleise läuft. Das Gegengewicht wird entweder so angebracht, dass es eine constante Wirkung ausübt, oder es wird für variable Wirkung verschiebbar eingerichtet.

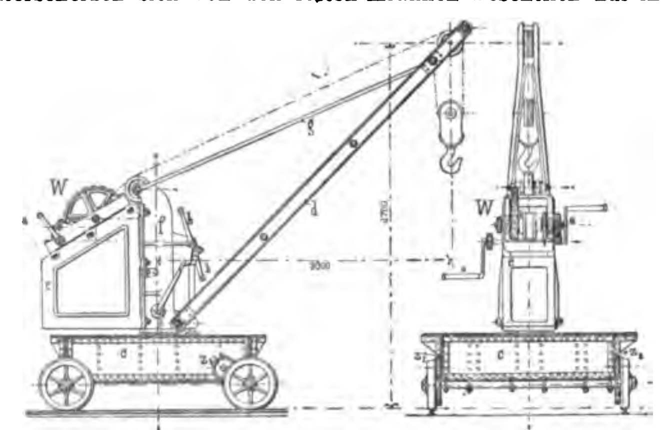


Fig. 1091—1092.

Einen Rollkrahn ersterer Art von Sautter, Lemonnier & Co. in Paris zeigen Fig. 1091—1092. Mit dem drehbaren Gehäuse ist als Gegengewicht ein eiserner Kasten *e* fest verschraubt, auf welchem die das Gegengewicht noch vermehrende Winde befestigt ist. Dieselbe ist eine sog. Sicherheitswinde mit doppeltem verschiebbaren Vorgelege, deren Einrichtung bereits ausführlich beschrieben ist. Der Ausleger ist fest. Zum Heben und Senken der Last dienen zwei Kurbeln *a*, während die Drehung des Krahngehäuses und die Vorwärtsbewegung des Wagens durch die Kurbeln *b* bewirkt wird.



Ein Rollkrahn mit beweglichem Gegengewicht ist in Fig. 1093—1094 dargestellt. Der Ausleger *A* ist fest, die Winde hat ein doppeltes Vorgelege und eine Bremsscheibe. Das Gegengewicht *G* wird durch die Schraube *S* verschoben, wobei es durch kleine Laufrollen unterstützt wird.

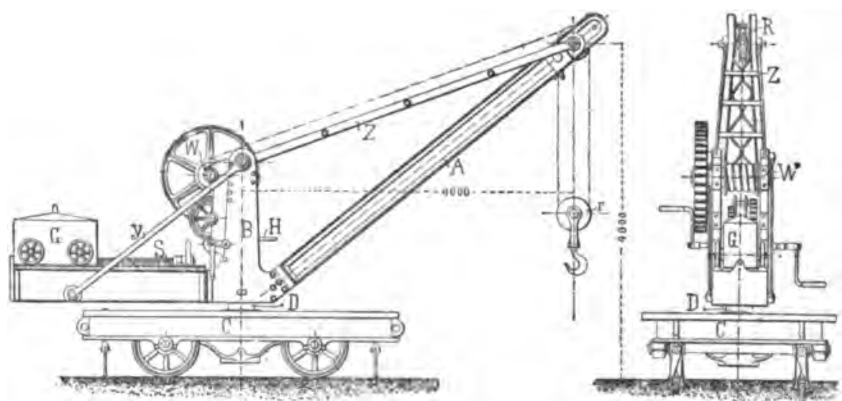


Fig. 1093—1094.

Man hat auch versucht, das Gegengewicht so einzurichten, dass es sich von selbst verschiebt, sodass je nach der Grösse der Last sich von selbst das geeignete Drehmoment ergiebt. Derartige Einrichtungen sind aber verhältnissmässig sehr complicirt und führen grosse Mängel mit sich. Es dürfte daher wohl practischer sein, ein festes Gegengewicht für mittelgrosse Lasten anzubringen und dieses beim Fördern bedeutenderer Lasten durch aufgelegte Eisenstücke zu vergrössern.

Die Rollkrahne werden sehr häufig als Dampfkrahne ausgeführt, indem sie Dampfkessel und Motor auf dem drehbaren Gerüste mit sich führen. Gewöhnlich wird dabei der Dampfkessel als Gegengewicht benutzt. Ein solcher Dampfkrahn ist in Fig. 1095 dargestellt. Die feste Säule *A* trägt auf ihrem oberen Spurzapfen das Krahngestell *D*, mit welchem der stehende Röhrenkessel *K* und der Wasserbehälter *V* fest verbunden sind. Die im oberen Theil des Gestelles montirte kleine Dampfmaschine *E*, welche mit Coulissensteuerung zum Vor- und Rückgang versehen ist, wirkt auf die Vorgelegwelle und treibt somit die Windetrommel; auch bewegt sie mittelst konischer Räder eine stehende Welle, welche die Drehung des Krahnes bewirkt. Eine endlose Gliederkette verbindet ein Kettenrad *F* auf der Welle der Dampfmaschine mit einem gleichen auf der Laufachse des Wagens *C*, der somit transportirt werden kann.

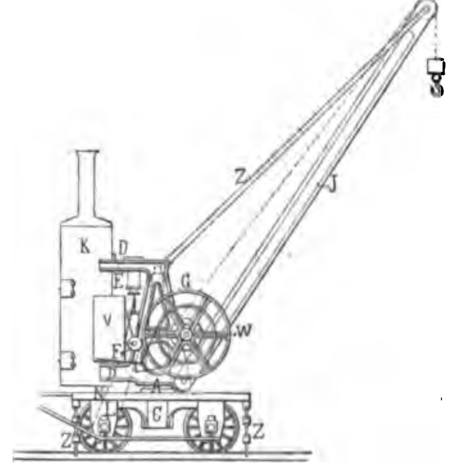


Fig. 1095.

Man hat bei Dampfkrahnen auch mit Vortheil die directe Wirkung des Dampfes zum Heben der Last in Anwendung gebracht, wie dies die vielfach ausgeführte Construction von Brown Brothers in London, Fig. 1096, zeigt. Die Kolbenstangen der beiden auf der drehbaren Plattform ruhenden Dampf-

cylinder tragen, genau wie in Fig. 1022—1032, eine dreirollige Flasche *l*, deren zugehörige Flasche zwischen den Cylindern befestigt ist, sodass der Kolbenhub einen 6fachen Hub der Last erzeugt. Eine mit der Traverse *L* verbundene andere Kolbenstange spielt dabei in dem Cylinder *K*, indem sie beim Aufgange Wasser aus dem Reservoir *S* ansaugt, welches beim Niedersinken der Last als Bremsung dient. Die Drehung des Krahnes wird durch die Aufwärtsbewegung des in dem Cylinder *N* beweglichen Dampfkolbens hervorgebracht, indem eine mit dessen Traverse verbundene Kette *O* über Rollen geführt und um die Krahnsäule gewunden ist.

Von besonderer Wichtigkeit ist der neuerdings immer häufiger angewendete Betrieb der Krahne durch **Seiltransmission** mittelst Baumwoll- oder Drahtseile, wie er zuerst von **Ramsbottom** ausgeführt wurde. Dieser englische Ingenieur nimmt die Geschwindigkeit des Betriebsseiles sehr gross, bis zu 60 engl. Meilen pro Stunde oder 88 engl. Fuss = 26,8 m pro Secunde, und erreicht dadurch den Vortheil, eine bestimmte Arbeit mit verhältnissmässig geringer Seilspannung überwinden und ein schwaches Seil in Anwendung bringen zu können, das wenig kostet und nur geringe Biegungswiderstände bietet.

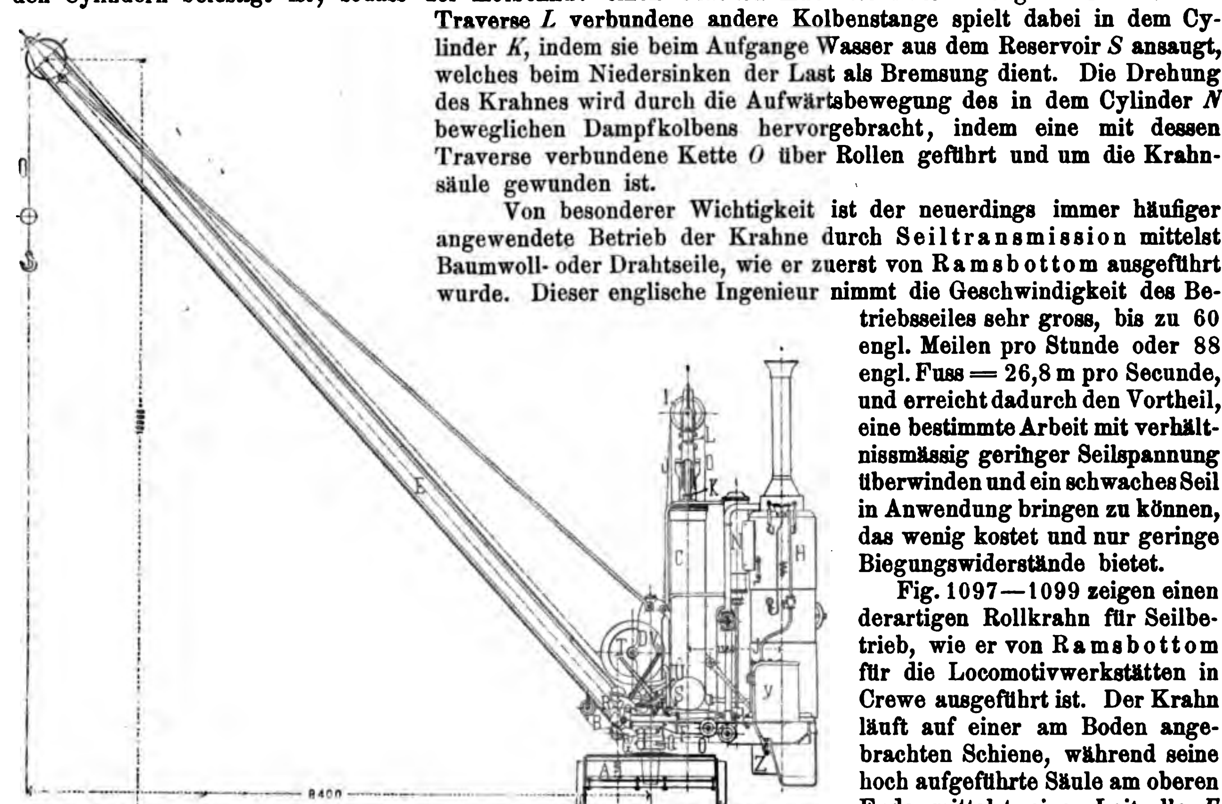
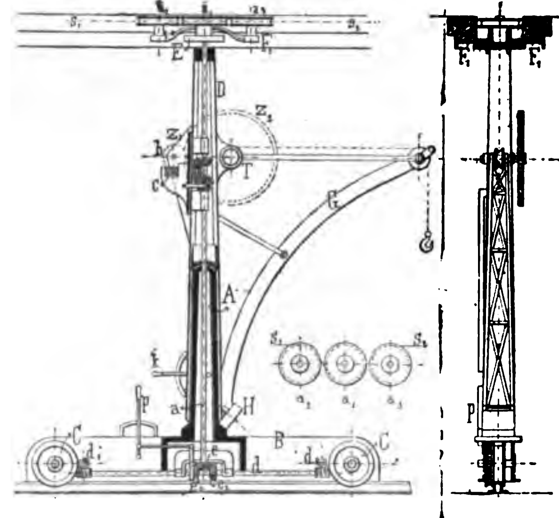


Fig. 1096.

Fig. 1097—1099 zeigen einen derartigen Rollkrahn für Seilbetrieb, wie er von **Ramsbottom** für die Locomotivwerkstätten in Crewe ausgeführt ist. Der Krahn läuft auf einer am Boden angebrachten Schiene, während seine hoch aufgeführte Säule am oberen Ende mittelst einer Leitrolle *E* zwischen Schienen F_1 aus ⊢⊣-Eisen geführt wird. Das von der Dampfmaschine bewegte Treibseil ist derartig über drei Spurscheiben $a_1 a_2 a_3$ gelegt, dass es die mittlere Scheibe a_1, welche auf der in der Mitte der hohlen Krahnsäule *A* angebrachten stehenden Welle *a* festgekeilt ist, zur Hälfte umschlingt. Infolge dieser Anordnung wird die stehende Welle in jeder Stellung des Krahnes von dem Treibseile umgedreht. Die Lastkette wickelt sich auf die Windetrommel *T*, welche durch Zahnräder z_1 z_2 die Bewegung von einer endlosen Schraube *C* erhält. Die Welle dieser Schraube ist mit einem Frictionskegel versehen, während die Krahnachse den zugehörigen Doppelkegel auf einer Feder verschiebbar trägt. Ein Heben oder Senken dieses Doppelkegels durch den Hebel *k* veranlasst daher eine Drehung der Schraube ohne Ende in dem einen oder anderen Sinne, sodass dadurch die Last gehoben oder gesenkt wird. Die Drehung der Laufachsen *C* wird in ähnlicher Weise durch den Hebel *p* bewirkt, indem durch denselben die Kegelräder $e_1 e_2$ auf der Welle *d* mit dem Rade *e* auf der verticalen Welle in Eingriff gebracht werden. Der Ausleger *G* stützt sich unten mittelst einer Rolle *H* gegen den konischen Ansatz der Krahnsäule und wird einfach durch die Zugkraft des Arbeiters gedreht.


Fig. 1097—1099.

6. Laufkrahne.

Die Laufkrahne sind Hebevorrichtungen, welche auf einer Schienenbahn verschiebbar sind und neben der Hebung der Last eine Bewegung derselben in horizontaler Richtung gestatten. Sie sind Winden auf fahr baren Hochgerüsten und deshalb nicht eigentlich den Krahnen zuzurechnen, da ihnen das charakteristische

Merkmal derselben, der Ausleger, gänzlich fehlt; es soll jedoch hier mit Rücksicht auf den herrschenden Sprachgebrauch der Name **Laufkrahn** beibehalten werden. Die Bewegung des Krahngerüstes und der Winde, sowie die Hebung der Last geschieht bei kleineren Laufkrahnen durch Handbetrieb, für grössere Leistungen neuerdings mit Vortheil durch Elementarkraft. Je nach der Anordnung des Gerüstes und der Fahrbahn unterscheidet man **Bock-** und **Decken-Laufkrahne**.

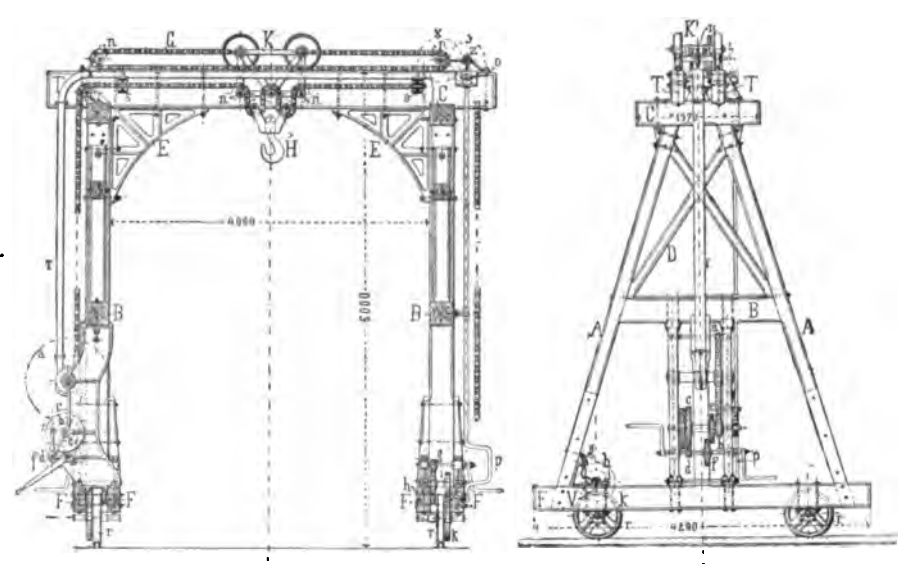


Fig. 1100—1101.

Bock-Laufkrahne werden besonders im Freien gebraucht, wo ein festes Gerüst schlecht anzubringen ist, also besonders bei Bauausführungen und auf Bahnhöfen. Ihre Krahnbrücke erhält zu beiden Seiten hohe gerüstförmige Füsse, welche unten mit Laufrädern versehen werden, mittelst welcher die Krahne auf den im Niveau des Terrains liegenden Laufschienen transportirt werden.

Einen derartigen Bockkrahn zeigen Fig. 1100 bis 1101. Das Gerüst *A*, *A* desselben ist ganz aus Holz gebildet, Säulen und Träger sind durch gusseiserne Consolen *E* fest miteinander verbunden. Besonders hervorzuheben ist die ausschliessliche Anwendung der Galle'schen Gelenkkette *G* und die derselben angepasste Construction der Laufkatze *K*. Das freie Ende der Lastkette wird in einem Rohr *r* aufwärts und über das Gerüst hinweggeführt, während das andere Ende in dem gusseisernen Querstück *s* befestigt ist. Die an dem einen Fusse des Gerüstes angebrachte Winde ist mit doppeltem verschiebbaren Vorgelege *b*, *c*, *d*, *e*, *f* versehen; die Laufkatze wird bewegt durch die Kurbel *p* und die Zahnräder *u*, *y*, *z*, *x*. Eine Transportvorrichtung *g*, *h*, *i*, *k* zur Bewegung des Krahnes befindet sich an jeder Seite desselben.

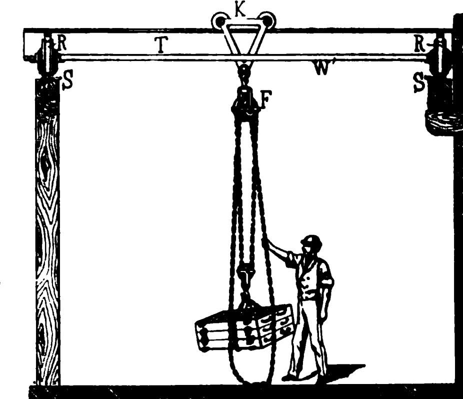


Fig. 1102.

Decken-Laufkrahne werden besonders in Giessereien, Montirungswerkstätten u. dgl. gebraucht und unterscheiden sich von den Bockkrahnen dadurch, dass die Krahnbrücke direct auf Schienen bewegt wird, welche auf Mauerbänken oder Säulen ruhen. Die Träger, welche die Brücke bilden, werden für kleinere Krahne in Holz, für grössere in Eisen ausgeführt.

Ein Deckenlaufkrahn einfachster Construction ist in Fig. 1102 abgebildet. Er besteht nur aus einem mit Laufrädern *R* versehenen eisernen Träger *T*, auf welchem ein die Katze *K* bildendes Dreieck mit daran hängendem Differentialflaschenzug *F* verschiebbar angeordnet ist. Die beiden Horizontalbewegungen der Last werden nur durch den Zug des Arbeiters bewirkt.

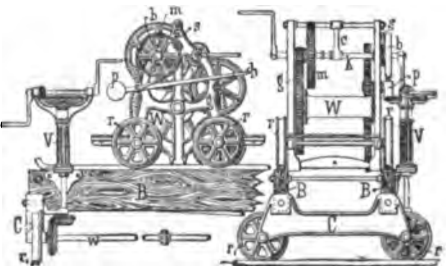


Fig. 1103—1104.

Fig. 1103—1104 zeigen einen Laufkrahn mit hölzernen Brückenträgern. Die mit einer Bremse *S* versehene Winde wird durch ein besonderes Vorgelege auf Schienen aus Rundeisen bewegt, während die Verschiebung des ganzen Krahnes durch einen an der Brücke angeschraubten Bock *V* mittelst Handkurbeln und Kegelräder bewirkt wird. Zu beiden Seiten der Winde sind Trittbreter für den Arbeiter angebracht.

Auf Taf. 6 Bd. II sind mehrere grössere Laufkrahne für Montirungswerkstätten dargestellt. Fig. 1—8 zeigen zwei Krahne von **Collet & Engelhard** in Offenbach a. M. mit deren oben beschriebenen Archimedischen Patent-Hebewerkzeugen. Der eine derselben, Fig. 1—5, ist

für eine Tragfähigkeit von 5000 kg construirt und hat zwei verschiedene Aufzugsgeschwindigkeiten. Die Kettentrommeln sind in einem die Laufrollen tragenden Rahmen übereinander gelagert (Fig. 4 u. 5), ihr Antrieb erfolgt durch eine Schnecke, welche durch Ein- oder Ausrücken von zwei verschiedenen Rädereingriffen getrieben wird. Das Ein- und Ausrücken dieser Räder geschieht durch Handketten von unten, ebenso das Auf- und Ablassen der Last. Die Bewegung der Laufkatze auf den Laufschienen und die des Laufwagens auf den Längslaufbahnen wird von der Seite der letzteren durch Seilscheiben und Seile ebenfalls von unten aus bewirkt. Für grössere Belastungen, von 15000—75000 kg, werden die Kettentrommeln nebeneinander gelagert.

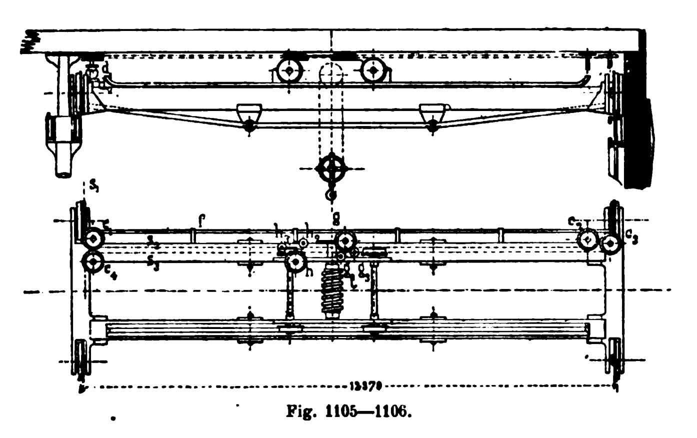


Fig. 1105—1106.

Der in Fig. 6—8 dargestellte Krahn, welcher ebenfalls 5000 kg Tragfähigkeit besitzt, hat einfache Aufzugsgeschwindigkeit. Die Kettentrommeln sind wie vorher gelagert, ihr Antrieb findet in derselben Weise wie bei den Flaschenzügen statt. Die Bewegung der Laufkatze geschieht durch Handkettenrad und Kette, ebenso die Bewegung des Wagens, und zwar die letztere von einem auf der seitlichen Welle des Wagens befestigten Kettenrad aus. Das Heben und Senken der Last wird von unten aus ebenfalls durch Handketten bewirkt.

Fig. 9—10 und 11—12 veranschaulichen zwei Krahne von Zobel, Neubert & Co. in Schmalkalden. Die Brücken beider Krahne bestehen aus je zwei miteinander verbundenen I-Trägern, an welchen seitlich die Laufräder des Wagens sich befinden. Die Bewegung geschieht bei dem Krahn Fig. 9—10 durch ein mit der Achse der Laufräder in Verbindung stehendes Vorgelege, welches durch Kurbeln von einer mit dem Wagen verbundenen Plattform aus betrieben wird. Die Winde hat doppeltes Vorgelege nebst Sperrad und Bremse und wird mittelst eines auf der Laufradachse sitzenden Triebes durch eine Handkurbel auf dem Wagen verschoben. Die Galle'sche Kette ist mit beiden Enden an der Winde befestigt und läuft durch ein kurzes Rohr über eine Kettennuss.

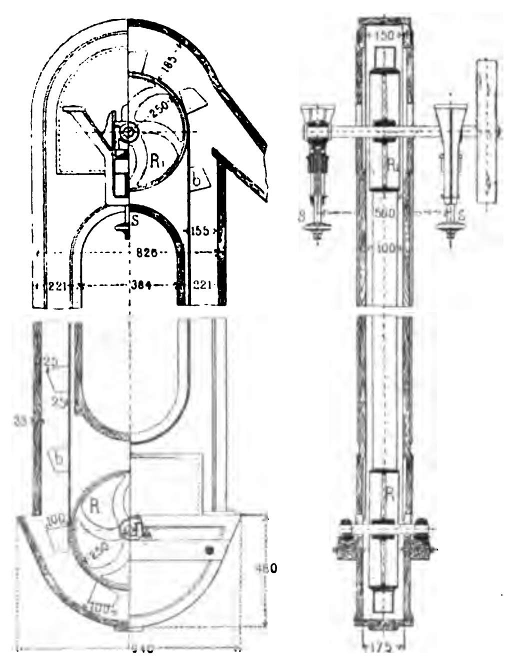


Fig. 1107—1108.

Die Construction des Krahnes Fig. 11—12 unterscheidet sich nur dadurch von der eben besprochenen, dass hier sämmtliche Bewegungen von unten aus durch Kettenräder und Ketten resp. Seile geschehen.

Da die Bewegungen der Last bei Handbetrieb sehr langsam vor sich gehen, so hat man in neuerer Zeit zur Erreichung grösserer Leistungen mit Vortheil Dampfbetrieb für die Laufkrahne in Anwendung gebracht. Zu diesem Zwecke setzt man entweder wie bei den Rollkrahnen eine Dampfmaschine auf die eine Seite der Krahnbrücke, welche sämmtliche Bewegungen des Krahns direct bewirkt, oder man wendet besser nach dem Vorgange von Ramsbottom Seilbetrieb an, wie dieses bereits bei den Rollkrahnen erwähnt wurde. Die Anordnung eines derartigen Laufkrahns zeigen Fig. 1105—1106. An den aus Holz und Eisen gebildeten Brückenträgern sind die verticalen Spindeln der vier Seilrollen $c_1 c_2 c_3 c_4$ befestigt, um welche das endlose Seil $s s$ läuft. Dieses ist an beiden Enden des Werkstättenraumes über zwei grosse Scheiben geführt, von denen die eine von der Dampfmaschine betrieben wird, während die andere, welche in einer horizontalen Führung verschiebbar ist, durch ein Gewicht das endlose Seil in Spannung erhält. Mit der Rolle c_1 sind die beiden Frictionsscheiben $d_1 d_2$ verbunden, von denen jede einzeln durch einen Handhebel mit der Frictionsscheibe einer horizontalen Hilfswelle in Berührung gebracht werden kann, sodass diese letztere nach Belieben links oder rechts herumgedreht wird. Die Welle steht mit einer zweiten, längs der Brücke gelagerten Welle f in Verbindung und diese wieder durch Zahnräder mit den Laufachsen, sodass man durch besagten Handhebel die Verschiebung der Brücke erreicht. Drückt man durch die Druckrollen g_2 oder g_3 die bezw. Seilstücke s_2 oder s_3 in die Rinne der auf der verticalen Spindel g befestigten Scheibe g_1 ein, so wird diese Spindel

in dem einen oder anderen Sinne umgedreht und bewegt zugleich die Windetrommel *t*, mit der sie durch ein Schneckenrad in Verbindung steht. Die Scheibe *g* ist mit zwei Rinnen verschiedenen Durchmessers versehen, um das Senken der Last schneller als das Heben bewirken zu können. Auf dieselbe Weise wird durch die Scheiben h_2 und h_3 die Scheibe *h* in Bewegung gesetzt und damit der Wagen auf der Brücke verschoben.

Der Betrieb der Transmissionen bei Laufkrahnen durch Dampfkraft ist allerdings empfehlenswerth bei rascher Förderung grosser Lasten oder bei Massenförderung, aber er bedingt eine sehr complicirte Einrichtung der Arbeitsmaschine, auch ist die Seiltransmission infolge der bedeutenden Geschwindigkeit der treibenden Seilstränge nicht gefahrlos.

Elevatoren. Die Elevatoren sind Kübelwerke, welche in Mühlen, Brauereien u. dgl. zur Förderung von Kleinmaterialien auf mittlere Höhen dienen. Die Fördergefässe werden auf endlosen Seilen, Ketten oder Riemen in gleichen Zwischenräumen aufgezogen und mit diesen über Trommeln oder Scheiben geführt. Der Antrieb der treibenden Welle erfolgt dabei durch Hand- oder Elementarkraft, während die getriebene Welle meist in verstellbaren Lagern ruht, um die Streckung der die Kraft übertragenden Seile unschädlich zu machen.

Einen solchen Elevator zeigen Fig. 1107—1108. Die auf dem Riemen befestigten Aufzugbecher *b* aus Eisenblech fassen im unteren Theile des umschliessenden Gehäuses das zu fördernde Material, um es oben auszuschütten.

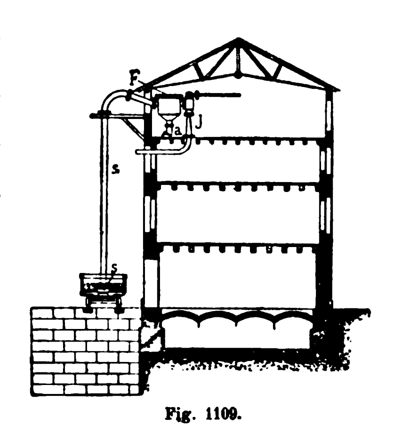
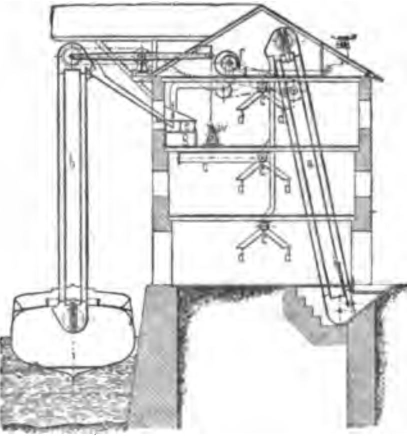


Fig. 1109.


Fig. 1110.

In neuerer Zeit haben Gebrüder Körting in Hannover mit Vortheil den Injector zur Hebung verwendet. Die Anordnung eines derartigen Injector-Elevators ist in Fig. 1109 dargestellt. *F* ist das in Förderhöhe aufgestellte Gefäss, *J* der Injector, *s* das Sauggefäss, s_1 die Saugleitung, *a* das durch eine Klappe verschliessbare Abfallrohr. Das nach *F* geförderte Material verliert die ihm durch den Luftstrom ertheilte grosse Geschwindigkeit, sinkt durch sein Eigengewicht nieder und gelangt in das Abfallrohr, dessen Länge so zu bemessen ist, dass dem niedersinkenden Materiale von aussen kein Luftstrom entgegen treten kann.

Wir geben schliesslich noch in Fig. 1110 eine von Gebrüder Weismüller in Frankfurt a. M. angegebene ideelle Einrichtung eines am Wasser oder an einem Bahngeleise befindlichen Körner-Magazins mit Maschinenbetrieb. Es ist *a* ein feststehender Elevator, *b* ein beweglicher Elevator, *c* sind Transport-Schnecken, *d* drehbare Ausläufe derselben, *e* Staubfang, *f* Exhaustor und *g* automatische Waage. Wie man sieht, ist mit sehr einfachen Hilfsmitteln eine höchst zweckmässige Einrichtung erreicht worden.

LITERATUR.

Verzeichniss der benutzten Quellen.

Karmarsch und Heeren, Technisches Wörterbuch. Prag, A. Haase.

Riedler, Personen- und Lastenaufzüge und Fördermaschinen. Bericht über die Weltausstellung in Philadelphia. Wien, Faesy & Frick.

Rühlmann, Allgemeine Maschinenlehre. Braunschweig, C. A. Schwetschke & Sohn.

Uhland, Kalender für Maschinen-Ingenieure. Leipzig, Baumgärtner.

Weisbach-Herrmann, Die Mechanik der Zwischen- und Arbeitsmaschinen. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn.

XII. Schiffbau.

Das Deplacement.

Nach den hydrostatischen Gesetzen verdrängt ein schwimmender Körper, also auch ein in stillstehendem Wasser schwimmendes Schiff, eine Wassermenge, deren Gewicht gleich ist seinem Eigengewicht. Das Volumen der von einem schwimmenden Schiffe verdrängten Wassermenge nennt man das Deplacement. Man kann zwei Arten desselben unterscheiden, nämlich das Deplacement des beladenen und das des unbeladenen, nur durch sein Eigengewicht Wasser verdrängenden Schiffes; die Differenz beider nennt man das nützliche Deplacement oder auch die Tragfähigkeit, welche natürlich verhältnissmässig desto grösser sein wird, je kleiner das Eigengewicht des Schiffes ist. Das Volumen des Deplacements drückt man gewöhnlich aus in englischen Kubikfussen oder auch in Kubikmetern. Multiplicirt man das Gewicht eines Schiffes in englischen Tonnen mit 35, so erhält man das Deplacement in englischen Kubikfussen, weil 1 Tonne engl. gleich ist 2240 Pfund engl. und das Gewicht eines Kubikfusses Seewasser 64 Pfd. beträgt. Ist das Schiffsgewicht in metrischen Tonnen (1 Tonne = 1000 kg) gegeben, so erhält man das Deplacement in Kubikmetern, wenn man ersteres mit 0,9756 multiplicirt, da das Gewicht eines Kubikmeters Seewasser in der Regel zu 1025 kg angenommnn wird.

Ist der Tiefgang eines Schiffes bestimmt, so kann das Deplacement desselben nach der Zeichnung genau berechnet werden unter Anwendung der Simpson'schen Regel. Man theilt die ganze Länge des Schiffes in eine gerade Zahl gleicher Theile, legt durch die Theilpunkte Querschnittsebenen durch das Schiff und misst oder berechnet die unter Wasser liegenden Theile dieser Schnittebenen. Die erhaltenen Werthe werden in die folgende Formel für z_0, z_1, z_2 u. s. f. entsprechend eingeführt. Die Entfernung zwischen je zwei Querschnitten sei mit d bezeichnet. Das Deplacement ist dann

$$V = \frac{d}{3}[z_0 + z_n + 4(z_1 + z_3 + z_5 + \ldots) + 2(z_2 + z_4 + z_6 \ldots)]$$

Zur näherungsweisen Bestimmung des Deplacements möge Folgendes dienen: Bezeichnet L die Länge eines Schiffes in der Wasserlinie, B die Breite, T den mittleren Tiefgang desselben, so drückt das Product LBT den kubischen Inhalt eines dem eingetauchten Schiffstheile umschriebenen Parallelepipeds aus und wird das Deplacement mithin einen Bruchtheil desselben repräsentiren. Das Verhältniss des Deplacements V zum Volumen des Parallelepipeds nennt man den Völligkeitsgrad, Völligkeitscoefficienten oder auch kurzweg die Völligkeit des Schiffes. Bezeichnen wir ihn mit φ, so ist $\varphi = \frac{V}{LBT}$; $V = \varphi LBT$.

In folgender Tabelle sind für verschiedene Schiffsclassen die Völligkeitscoefficienten angegeben, bei deren Anwendung sich eine ziemlich gute Uebereinstimmung mit den practischen Ausführungen ergiebt:

Segelschiffe.		Dampfschiffe	
Schiffsclasse	Völligkeits-coefficient φ	Schiffsclasse	Völligkeits-coefficient φ
Sehr schnelle Schiffe	0.46	Grosse Ocean-Raddampfer	0,45—0,57
Schnelle Schiffe	0,56	Mittelgrosse Raddampfer	0,45—0,57
Mittelscharfe Schiffe	0,6	Flussdampfer	noch grösser
Mittelvolle Schiffe	0,63	Ocean-Schraubendampfer	0,5—0,66
Flachgehende, völlige Schiffe	0,72	Mittelgrosse Schraubendampfer	0,5—0,66

Um das Deplacement für jeden beliebigen Tiefgang des Schiffes schnell ohne Rechnung finden zu können, bedient man sich der sogenannten Deplacementscurve, welche Fig. 1111 veranschaulicht. Die Strecke $\overline{AB}$ stellt den grössten Tiefgang des Schiffes dar, sodass der Punkt A die Unterkante des Kieles bezeichnet. Senkrecht darauf, im Punkte B, ist die Linie BC errichtet, deren Länge in einem passenden

Maasstabe dem ganzen Deplacement bei voller Ladung entspricht. Ebenso sind für den Tiefgang $\overline{AD}$, $\overline{AF}$ u. s. f. die Deplacements berechnet, und nach demselben Maasstabe Strecken $\overline{DE}$, $\overline{FG}$ u. s. w. dargestellt. Die Verbindungslinie der Endpunkte dieser Ordinaten ist die Deplacementscurve. Will man für einen beliebigen Tiefgang das Deplacement wissen, so trägt man von A aus die betreffende Strecke Ax ab, und es stellt die Ordinate xy das gesuchte Deplacement dar.

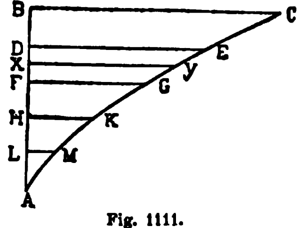


Fig. 1111.

Der Auftrieb.

Auf jeden Punkt der Schiffsoberfläche wirkt der Wasserdruck normal zu dem betreffenden Flächenelemente und es ist die Grösse dieses Druckes abhängig von der Tiefe des Flächenelementes unter dem Wasserspiegel. Diesen Normaldruck kann man sich zusammengesetzt denken aus 3 Componenten, deren je eine vertical, horizontal querschiffs und horizontal in der Längenaxe des Schiffes wirkt. Denkt man sich alle auf die eingetauchte Schiffswandung wirkenden Drucke in dieser Weise zerlegt, so heben sich die Horizontaldruckcomponenten gegenseitig auf, das Schiff bekommt durch sie keine Bewegung. Die Verticalcomponenten hingegen bilden in ihrer Summe den sogenannten Auftrieb oder die Schwimmkraft. Dieselbe ist gleich dem Gewichte des verdrängten Wassers und wird durch das Gesammtgewicht des Schiffes ausbalancirt. Die Ausdrücke Deplacement, Auftrieb und Schwimmkraft werden oft miteinander vertauscht.

Reserveauftrieb oder Reserveschwimmkraft.

Reserveauftrieb oder Reserveschwimmkraft ist die Schwimmkraft des über Wasser befindlichen, wasserdichten Theiles und giebt zusammen mit der des eingetauchten Schiffstheiles die Totalschwimmkraft des Schiffes. Bei Kauffahrteischiffen soll das Minimum der Reserveschwimmkraft 20 bis 30 Proc. vom Auftrieb betragen, während Kriegsschiffe zuweilen einen Reserveauftrieb haben, welcher grösser ist als der letztere, und zwar sind dies Schiffe mit hohem Freibord und mit feinen Linien unter Wasser. Bei unterseeischen Fahrzeugen darf für den Fall des Untertauchens keine Reserveschwimmkraft vorhanden sein, es muss vielmehr das Schiff so eingerichtet sein, dass das Gewicht desselben ein wenig grösser gemacht werden kann, als der Total-Auftrieb beträgt, wodurch dann das Sinken eintreten wird; für erwünschten Stillstand unter Wasser in Bezug auf Verticalbewegung muss das Gewicht des Schiffes gleich dem Auftrieb, für Steigen ein wenig kleiner sein. Diese Gewichtsveränderungen bringt man hervor durch Eintretenlassen von Wasser in den Schiffskörper und Herausdrängen desselben mittelst comprimirter Luft. Man hat auch andere Vorrichtungen für diesen Zweck, das Princip aller ist jedoch, das Deplacement etwas grösser oder kleiner machen zu können, als dem Gewicht des Schiffes entspricht. Tritt durch ein Leck oder durch ein Zusammenbrechen der See über dem Verdeck soviel Wasser in ein Schiff ein, dass sein Gewicht grösser wird als seine totale Schwimmkraft, d. h. ist die eingetretene Wassermenge grösser als die dem Deplacement des Reserveauftriebs entsprechende, so geht das Schiff unter. Der Gefahr des Sinkens eines Schiffes sucht man dadurch zu begegnen, dass man dasselbe in einzelne wasserdichte Abtheilungen eintheilt, sodass, wenn das Schiff ein Leck bekommt, nur immer eine solche sich füllen kann. Um soviel Procent, als das Volumen eines solchen abgeschlossenen Raumes vom ganzen Deplacement beträgt, wird natürlich die Schwimmkraft des Schiffes bei Füllung des ersteren vermindert werden. Die Herstellung solcher wasserdichten Abtheilungen wird bewirkt durch verticale Querschotten, verticale Längsschotten, horizontale Decks oder auch durch sogenannte Doppelböden. Manche Kriegsschiffe sind so construirt, dass sich sogar 6 Abtheilungen füllen können, ohne dass das Schiff zum Sinken kommt.

Vermessung und Tonnengehalt der Schiffe.

Der Tonnengehalt wird entweder durch Berechnung der Grösse des Laderaumes gefunden, oder auch nur durch Multiplication der Hauptdimensionen des Schiffes miteinander und mit einem gewissen Coefficienten. Die erste Methode giebt einen mehr oder minder genauen Ausdruck für die Tragfähigkeit, während man mittelst der letzteren eine Vergleichszahl erhält, die nur unter bestimmten Voraussetzungen einigen Werth hat. Bei Bestimmung des Tonnengehaltes hat man zu unterscheiden die Gewichtstonne, die Raumtonne und die Registertonne.

Die Gewichtstonne ist eine Gewichtseinheit, welche in den verschiedenen Seestaaten variirt, die Raumtonne das Maass einer kubischen Einheit, während die Registertonne eine von den Hauptdimensionen des Schiffes abhängige Grösse ist.

Die gebräuchlichsten Messmethoden zur Bestimmung des Tonnengehaltes sind die englische, die französische und die deutsche Messmethode.

A. **Englische Messmethode.** a. Aeltere Methode (Builder's Old measurement). Es bedeuten: L die Länge im oberen Deck von Aussenkante zu Aussenkante Sponung der beiden Steven, horizontal

gemessen, B die grösste Breite auf Aussenkante der Planken weniger der doppelten Differenz zwischen der Stärke der Bergholzplanken und der Bodenplanken (10 bis 11 Zoll engl. bei grossen, 3 bis 4 Zoll bei kleinen Schiffen). Bei eisernen Schiffen ist dieser Abzug nur dann gebräuchlich, wenn Panzerplatten über der eigentlichen Schiffshaut vorstehen. Es ist dann der Tonnengehalt $B\,O\,M = \frac{(L - {}^3/_5\,B)\,B^2}{188}$.

Die Vorschriften für Builder's Old measurement gestatten den Bau von Schiffen von zwar kleinem Normaltonnengehalt, aber verhältnissmässig grosser Tragfähigkeit, indem die Tiefe im Verhältniss zur Breite sehr gross gewählt, dem Hintersteven ein starker Fall gegeben wird u. s. w. Diese schmalen Schiffe bieten jedoch nur geringe Sicherheit.

b) Gross-Registertonnengehalt oder Bruttotonnengehalt ist der Tonnengehalt aller geschlossenen Räume des Schiffes, nicht nur der zur Aufnahme der Ladung dienenden. (Den Tonnengehalt der Räume, welche ausschliesslich zur Aufnahme von Gütern und Passagieren dienen, nennt man den Nettogehalt oder einfach Registertonnengehalt.) Es sei L = Länge am Oberdeck von Vorkant-Spundung am Vordersteven bis zur Hinterkante der Spundung am Hintersteven, B = grösste Breite des Schiffes aussenbords, U = Umfang des Fahrzeuges mittelst einer unter dem Schiffsboden durchgezogenen Kette unterhalb des Oberdecks gemessen.

1. Für hölzerne und Composit-Schiffe: Grossregistertonnengehalt $= \frac{17}{10000}\left(\frac{U+B}{2}\right)^2 L$ in engl. Maass, $= 0{,}353 \,.\, 0{,}17 \left(\frac{U+B}{2}\right)^2 L$ in Metermaass.

2. Für eiserne Schiffe: Grossregistertonnengehalt $= \frac{18}{10000}\left(\frac{U+B}{2}\right)^2 L$ in englischem Maass, $= 0{,}353 \,.\, 0{,}18 \left(\frac{U+B}{2}\right)^2 L$ in Metermaass.

B. **Französische Messmethode.** 1. Segelschiffe. Bezeichnen: L die Länge im oberen Deck von Innenkante zu Innenkante beider Steven, L_1 die Länge des Kieles, B die grösste Breite auf Aussenkante der Planken, H die Tiefe von Oberkante Sandstrak und Kielschwein bis zur Oberkante des Oberdeckbalkens (in Metern), so ist der Tonnengehalt a) für Schiffe mit einem Deck $= \frac{LBH}{3{,}8}$ Tonneaux, b) für Schiffe mit zwei Decks $= \frac{L+L_1}{2} \cdot \frac{BH}{3{,}8}$ Tonneaux.

2. Dampfschiffe. Hier ist B zu messen unter dem Verdeck im Maschinenraum auf der Wägerung unter der Radwelle und sodann der Tonnengehalt $= {}^3/_5 \frac{LBH}{3{,}8}$ Tonneaux.

C. **Deutsche Messmethode.** Laut Gesetz vom 5. Juli 1872 ist auch in Deutschland die englische Registertonne eingeführt; die Art der Vermessung selbst jedoch zeigt einige Abweichungen von der englischen, indem bei Dampfschiffen der Rauminhalt des Maschinen- und Kesselraumes incl. der festen Kohlenbunker gemessen und vom Bruttogehalte abgezogen wird. Dieser Abzug darf incl. der übrigen abzuziehenden Räume keinesfalls mehr als 50 Procent vom ganzen Tonnengehalt betragen. Für Bugsirdampfer findet insofern eine Ausnahme statt, als bei ihnen der ganze, für Maschine, Kohlen und Mannschaft erforderliche Raum abgerechnet wird. Kohlenräume, welche durch eine Thür mit dem Laderaum in Verbindung stehen, werden zum Laderaum gerechnet.

Die statische Stabilität der Schiffe.

Ein in stillem Wasser frei schwimmendes Schiff ist im Gleichgewichtszustande, wenn das Gewicht der von ihm verdrängten Flüssigkeit, d. h. sein Auftrieb gleich ist seinem Gewicht und wenn der Schiffsschwerpunkt und der Schwerpunkt der verdrängten Flüssigkeit in einer und derselben Verticallinie liegen. Man unterscheidet hierbei eine stabile und eine labile Gleichgewichtslage, je nachdem das Schiff, wenn es aus seiner ursprünglichen Stellung durch eine Kraft (z. B. den Segeldruck) abgelenkt ist, von selbst wieder in dieselbe zurückgeht, oder sich noch mehr von ihr entfernt. Es herrscht immer stabiles Gleichgewicht, wenn der Schwerpunkt des Schiffes tiefer liegt als der des verdrängten Wassers; liegt er höher, so kann stabiles Gleichgewicht stattfinden, aber auch labiles.

Fig. 1112—1113 stellen den Querschnitt eines Schiffes in aufrechter Lage dar, wobei S die Lage des Schiffsquerschnittes bedeutet, D die des Schwerpunktes der verdrängten Flüssigkeit (Deplacementsschwerpunkt). Der Schiffsschwerpunkt S ist der Angriffspunkt der Resultirenden G, mit welcher die Schwere das Schiff nach abwärts zieht, während in D die Resultirende A, mit welcher das Wasser das Schiff nach aufwärts treibt, angreift. Erhält das Schiff eine schräge Lage, Fig. 1112, so rückt der Deplacementsschwerpunkt infolge der eigenthümlichen Form des Schiffes nach D und es bildet sich ein Kräftepaar G und A,

welches das Schiff in seine frühere Lage zurückbringen will. Würde bei dieser Neigung der Schwerpunkt der verdrängten Flüssigkeit links von der durch den Schwerpunkt des Schiffes gehenden Verticallinie xy zu liegen kommen, so würde das entstandene Kräftepaar das Schiff noch mehr von der Gleichgewichtslage abzulenken suchen, d. h. die Gleichgewichtslage wäre in dem Falle eine unstabile. Gut construirte Schiffe müssen immer stabiles Gleichgewicht haben. Den Punkt M, in welchem die durch D gehende verticale Auftriebsrichtung bei einer schwachen Neigung des Schiffes die sogenannte Schwimmaxe $\overline{ab}$ schneidet, nennt man das Metacentrum, und ist dessen Entfernung vom Schiffsschwerpunkt S nahezu constant. Multiplicirt man diese Entfernung mit dem Sinus des Ablenkungswinkels, so erhält man den Hebelarm des Kraftmomentes, welches das Schiff in die aufrechte Lage zurückzubringen sucht. Das Stabilitätsmoment ist demnach, wenn α den Ablenkungswinkel, A die Grösse des Auftriebes bedeutet:

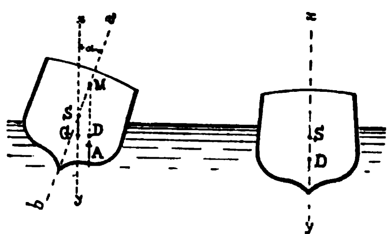


Fig. 1112–1113.

$$M_s = A \,.\, \overline{SM} \sin \alpha.$$

Aus Vorstehendem kann man auch die Steifigkeit eines Schiffes bestimmen, d. h. die Kraft finden, welche dasselbe einer Neigung querschiffs entgegensetzt. Ein Schiff wird um so steifer sein, je grösser die Entfernung zwischen Metacentrum und Schiffsschwerpunkt, d. h. seine metacentrische Höhe, um so weniger steif, je kleiner letztere ist. Bei jeder Schiffsconstruction muss die metacentrische Höhe so gross sein, dass die Steifigkeit des Schiffes eine genügende ist, ohne dass deswegen die Stetigkeit beeinträchtigt, d. h. das Schiff allzu sehr von den Wellen beeinflusst wird; vielmehr soll letzteres seine aufrechte Lage immer ziemlich beibehalten. Bei der Wahl der metacentrischen Höhe bietet die Praxis die besten Anhaltspunkte und sind deshalb in folgender Tabelle für verschiedene Schiffsclassen einige Erfahrungswerthe angegeben.

Schiffsclasse	Höhe des Metacentrums $= MS$	
	Fuss	Meter
1. Schrauben-Linienschiffe (Zweidecker), wie solche noch in der engl. und franz. Marine existiren	4½—6½	1,37—2,00
2. Schraubenfregatten und Corvetten des älteren Typus	4—5	1,22—1,52
3. Schraubenfregatten des neuen Typus mit grosser Geschwindigkeit	2½—3	0,76—0,91
4. Schraubencorvetten von neuerer Construction	2¾—3½	0,74—1,07
5. Classe der kleineren seefähigen Schiffe	2¼—3	0,69—0,91
6. Bugsirdampfer und nicht seefähige Schiffe	1½—2	0,45—0,60

In der Praxis bestimmt man in der Regel die Lage des Metacentrums in Bezug auf die Lage des Deplacementschwerpunktes bei aufrechter Stellung des Schiffes. Die Entfernung MD vom Deplacementsschwerpunkt bis Metacentrum ist dann

$$MD = \frac{\text{Trägheitsmoment der oberen Wasserlinie in Bezug auf die Längenaxe}}{\text{Volumen des Deplacements}}$$

oder nach der Simpson'schen Formel

$$MD = {}^4/_9 \triangle x \frac{1}{V} ({}^1/_2\, y_0{}^3 + 2\, y_1{}^3 + y_2{}^3 + 2\, y_3 + \ldots + 2\, y_{n-1}{}^3 + {}^1/_2\, y_{2n}{}^3)$$

wobei $y_0 \ldots . y_{2n}$ die Ordinaten der oberen Wasserlinie, $\triangle x$ deren Abstand voneinander, V das Deplacementsvolumen bedeuten.

Der Deplacementsschwerpunkt liegt annährungsweise zwischen $^2/_5$ und $^9/_{20}$ des mittleren Tiefganges eines Schiffes, wobei der letzte Werth für Schiffe von voller Form Giltigkeit hat. Der Abstand des Deplacementsschwerpunktes von der oberen Wasserlinie und vom hinteren Perpendikel lässt sich mittelst der Simpson'schen Regel leicht ermitteln. Würde in einem Falle das Metacentrum mit dem Schiffsschwerpunkt zusammenfallen, so würde das Schiff in jeder Lage im Gleichgewicht sein, d. h. es würde, aus einer Stellung in eine andere gebracht, in der letzteren verbleiben; würde hingegen der Schiffsschwerpunkt höher zu liegen kommen als das Metacentrum, so wäre das Schiff nicht mehr stabil, sondern es besässe labiles Gleichgewicht.

Form der Schiffe.

Die Schiffsform ist dann eine gute, wenn durch sie nur ein geringer Widerstand verursacht wird und sie trotzdem genügende Stabilität und zweckmässige Räumlichkeit gewährt. Eine rein wissenschaftliche Ermittelung der zweckmässigsten Schiffsform ist nicht möglich, vielmehr bietet auch hier die Erfahrung die besten Anhaltspunkte. Stehen bei der Construction eines Schiffes die Risse eines als gut anerkannten ausge-

führten Schiffes zur Verfügung, so kann man dasselbe als Modell benutzen und nach demselben die Formen des neuen Schiffes bestimmen. Für die Construction eines Schiffes braucht man den Wasserlinienriss, den Spantenriss und einen verticalen Längsschnitt. Unter Spanten versteht man die Schnittlinien von vertical durch das Schiff gelegten Querschnittsebenen mit der Aussenfläche des Schiffes, während Wasserlinien die Schnittlinien von Horizontalebenen sind, welche durch den bei normaler Belastung eingetauchten Theil des Schiffes gelegt sind. Zur Benutzung bekannter Schiffsformen dient folgendes Verfahren: Im Wasserlinienriss Fig. 1114—1116 theilt man die ganze Länge in eine Anzahl z. B. 20 gleicher Theile, legt durch die Theilungspunkte Querlinien und misst die Ordinaten der einzelnen Wasserlinien, wobei man einen Maasstab anwendet, der die Schiffsbreite in 1000 Theile theilt. Die gemessenen Werthe werden tabellarisch geordnet.

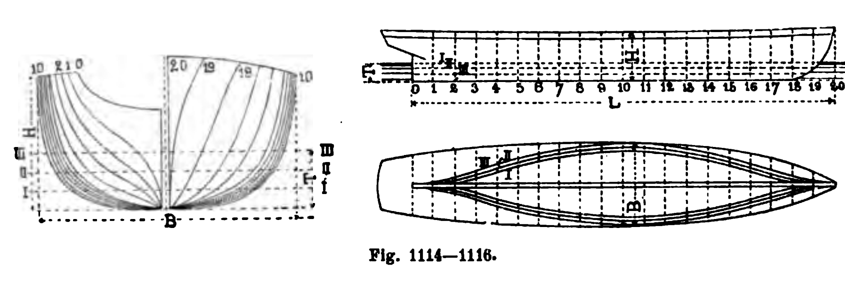


Fig. 1114—1116.

Der Anschauung halber entlehnen wir eine solche Zusammenstellung, wie sie die Ausführung eines Flussschiffes ergab, Redtenbacher's „Resultaten für den Maschinenbau". Die mit x überschriebene Columne enthält die Bezeichnungen der aufeinanderfolgenden Querschnitte (von 0—20), hingegen die mit I, II und III überschriebenen Columnen die Ordinaten der von unten nach aufwärts gezählten, mit gleicher Zahl bezeichneten Wasserlinien. Die letzte Columne enthält die Werthe der Ordinaten für die Decklinie.

Hinterschiff					Hinterschiff				
x	I	II	III	Verdeck	x	I	II	III	Verdeck
0	30	30	30	800	10	830	910	960	1000
1	45	100	165	850	11	810	910	950	990
2	120	230	390	900	12	760	870	930	990
3	240	400	600	930	13	680	810	870	960
4	380	590	750	930	14	570	700	780	930
5	520	700	825	970	15	440	570	650	860
6	630	780	880	990	16	310	420	500	770
7	730	840	910	990	17	200	270	340	640
8	790	880	940	990	18	110	150	200	480
9	830	910	960	1000	19	30	40	60	270
10	830	910	960	1000	20	—	—	—	30

Nach Aufstellung einer Tabelle in der eben angegebenen Weise werden die Hauptdimensionen des zu construirenden Schiffes, Länge, Breite, Höhe und Eintauchung berechnet, worauf die Aufzeichnung beginnen kann. Es wird ein Maasstab angewendet, der die Breite des neu zu erbauenden Schiffes in 1000 gleiche Theile theilt, und mittelst desselben werden die Tabellenwerthe aufgetragen. Die auf diese Weise ermittelten Wasserlinienpunkte des neuen Schiffes werden durch eine stetige Linie verbunden. Auf diese Weise erhält man eine Schiffsform, welche der des Modellschiffes ähnlich ist. Steht kein Modellschiff durch seine Risse zur Verfügung, so wird das Liniensystem nach verschiedenen Curvenarten gebildet, z. B. durch die Anwendung von Parabeln, welche Methode grosse Völligkeit gestattet und von Nystrom zuerst angewendet wurde. Eine Schiffsform dieser Art zeigen Fig. 1117—1118. Scott Russel bildete die Gestalt des Schiffsrumpfes nach Linien, welche grosse Aehnlichkeit mit den Wellen des Meeres hatten, den Wellenlinien, nach welchem System das Gefäss des Great-Eastern construirt ist, dessen Wasserlinienriss durch Fig. 1119 dargestellt ist. Die Formen, welche diese Linien ergeben, sind jedoch sehr scharf; auch ergiebt sich für Vorder- und Hinterschiff eine gleiche Form, was mit der Wirklichkeit nicht übereinstimmt.

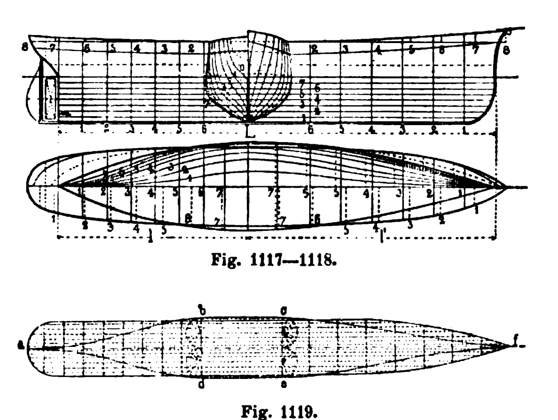


Fig. 1117—1118.

Fig. 1119.

Fig. 1120—1122 zeigen die Form des Schraubenschiffes „Bremen" (Norddeutscher Lloyd), dessen Wasserlinien zwar nicht nach der Wellentheorie gezeichnet sind, die jedoch dem Schiffe eine schlanke, ge-

fällige Gestalt, grossen Fassungsraum und nicht zu scharfe Formen für die Endtheile des Vorder- und Hinterschiffes ertheilen.

In Betreff der Schiffsform sei noch bemerkt, dass das Verhältniss des Areals der oberen Wasserlinie zum umschriebenen Rechteck, dessen Inhalt LB ist, bei den verschiedenen Schiffsarten zwischen 0,7 bis 0,9 (Völligkeitscoefficient der oberen Wasserlinie), das Verhältniss des grössten eingetauchten Querschnittes zum umschriebenen Rechteck BT (Völligkeitscoefficient des Hauptspantes) zwischen 0,6 und 0,88 differirt. Letzterer Werth findet sich bei Flussdampfern, die im allgemeinen meist sehr völlig gebaut sind.

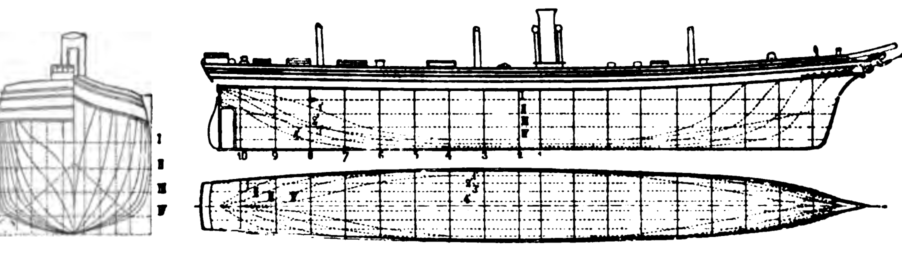


Fig. 1120–1122.

Flusschiffe erhalten meist einen flachen Boden, während der Boden der Landseeschiffe etwas auf Kiel geformt ist.

Hauptverhältnisse des Schiffskörpers.

Bezeichnet wieder L die Länge, B die grösste Breite, T den mittleren Tiefgang eines Schiffes, H dessen Höhe vom Kiel bis zum Verdeck, so finden sich meist folgende Verhältnisse:

Für Dampfschiffe:

Schiffsgattung	$\frac{L}{B}$	$\frac{T}{B}$	$\frac{H}{B}$
Meerschiffe	6 bis 8	0,33 bis 0,5	0,5—0,75
Landseeschiffe	8 bis 10	0,2 bis 0,4	0,5
Flusschiffe	12 bis 15	je nach der Tiefe des Fahrwassers (0,18)	0,4—0,5

Für Segelschiffe: $\frac{L}{B} = 3$ bis 4, $\frac{T}{B} = 0,37$ bis 0,48, wobei die kleineren Zahlen für die kleineren, die grösseren für die grösseren Schiffe gelten.

Eigengewicht des leeren Schiffskörpers.

Für kleinere eiserne Rad- und Schraubendampfer, deren Länge L zwischen 34,5 und 41 m, deren Breite B zwischen 4,4 und 5,3 m und deren Tiefe von Kiel bis Verdeck H zwischen 2,3 und 2,7 m differirt, ist das Gewicht des leeren Schiffskörpers G in Kilogrammen $= 139$ bis $145,5\ LBH$ anzunehmen, für grössere hingegen $G = 162$ bis $210\ LBH$.

Widerstand des Schiffes im Wasser.

Der Widerstand, welcher der Bewegung eines Schiffes entgegenwirkt, ist proportional dem eingetauchten Areal des Hauptspantes und dem Quadrat der Geschwindigkeit des Schiffes. Bezeichnet F das eingetauchte Areal des Hauptspantes, v die Geschwindigkeit des Schiffes, k den Widerstandscoefficienten, so ist der Schiffswiderstand $R = kFv^2$. Für längere Schiffe (Flusschiffe) ist bei gleichem Querschnitte die Reibung grösser als für kurze (Meerschiffe), folglich auch der Widerstandscoefficient k. Bei gewöhnlichen Constructionsverhältnissen ist

	für Meerschiffe	Landseeschiffe	Flusschiffe
$k =$	5	11	18

Die Arbeit zur Fortbewegung eines Schiffes ist demgemäss $L = R.v = kFv^3$ mkg, wächst also mit der dritten Potenz der Geschwindigkeit; eine kleine Geschwindigkeitssteigerung verursacht demgemäss schon einen bedeutenden Mehraufwand von Arbeit.

Schaufelräder.

Bezeichnen v die Geschwindigkeit des Schiffes, u die Geschwindigkeit des Druckmittelpunktes der Schaufel pro Secunde in Metern, k_1 den Widerstandscoefficienten der Schaufel, d. h. den Widerstand, welchen eine Fläche von 1 qm bei einer Geschwindigkeit von 1 m findet, F_1 das Areal zweier gleichzeitig vertical eingetauchten Schaufeln in Quadratmetern, so ist der Druck, welchen die Radflächen gegen das Wasser ausüben $R_1 = k_1 F_1 (u - v)^2$. Dieser Druck muss gleich sein dem Schiffswiderstande, wenn Fortbewegung erfolgen soll; also $R_1 = R$; $k_1 F_1 (u - v)^2 = kFv^2$; $u = v\left(1 + \sqrt{\frac{kF}{k_1 F_1}}\right)$. Die Arbeit der Schaufelräder in

Meterkilogrammen beträgt somit $L_1 = R_1 . u = k F v^3 \left(1 + \sqrt{\frac{k F}{k_1 F_1}}\right)$. Der **Wirkungsgrad** der beiden Schaufelräder ergiebt sich dann: $\eta = \frac{L}{L_1} = \frac{v}{u} = \frac{k F v^3}{k F v^3 \left(1 + \sqrt{\frac{k F}{k_1 F_1}}\right)} = \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{k F}{k_1 F_1}}}$

Werthe von k_1 (für Kilogramme und Meter): nach Campaignac $k_1 = 65{,}7$ bis 205, nach Gaudry $k_1 = 145$, nach Weisbach $k_1 = 157{,}7$. Erfahrungsgemäss findet sich $\eta = 0{,}75$ bis 0,85.

Bewegt sich das Schiff nicht in stillstehendem Wasser, sondern in fliessendem, welches die Geschwindigkeit w besitzt, so ist in obigen Formeln statt des Werthes v die relative Geschwindigkeit des Schiffes gegen das Wasser, stromaufwärts $v + w$, stromabwärts $v - w$, einzusetzen.

Die Differenz $u - v$ nennt man den **Rücklauf** oder **Slip**. Derselbe ist bei den **Morgan'schen Patenträdern** Fig. 1123—1124 nicht wesentlich kleiner, jedoch gestatten diese Räder ein tieferes Eintauchen und eine grössere Höhe der Schaufeln, wodurch eine Vergrösserung des Raddurchmessers und dementsprechende Verringerung der Schaufelbreite erzielt ist.

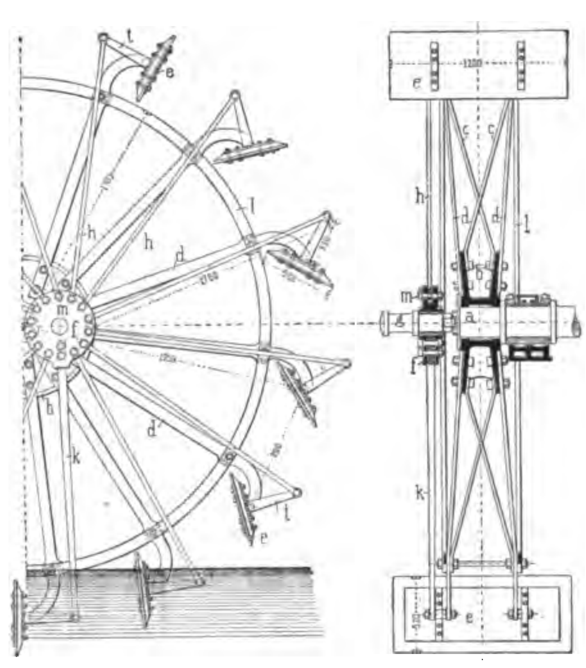


Fig. 1123—1124.

Schiffe, welche Räder mit radialen unbeweglichen Schaufeln haben, zeigen immer einen weniger ruhigen Gang als solche mit beweglichen Schaufeln, besonders wenn diese tief eintauchen; denn bei ihrem Eintritt reagirt das Wasser nicht nur horizontal, sondern auch vertical auf- und abwärts, wodurch überdies eine gute Kraftausnutzung nicht stattfinden kann. **Buchanan** war der Erste, welcher **Räder mit beweglichen Schaufeln** in Anwendung brachte. Bei dem Buchanan'schen Rade war der Mechanismus so eingerichtet, dass die Schaufeln immer in verticaler Stellung erhalten wurden. Für Ein- und Austritt ist die verticale Schaufelstellung aber insofern nicht günstig, als bei ihr die Schaufeln nicht so kräftig auf das Wasser wirken können, wie dies unter einem bestimmten Winkel geschieht. **Galloway** construirte deshalb ein Rad, bei welchem der Ein- und Austritt unter dem vortheilhaftesten Winkel erfolgt und die Schaufeln erst nach ihrem Eintritt die gewünschte senkrechte Lage erhalten. Fig. 1123—1124 veranschaulichen dieses **Galloway-Morgan'sche Patentrad**. An der Ruderradwelle a sitzt die Rosette b. Letztere trägt die steifen Radarme d, welche nahe ihren äusseren Enden durch die Flacheisenringe l miteinander verbunden sind, während beide Armsysteme noch durch Diagonalstangen c verstrebt werden. Die Schaufeln e erhalten die gewünschte Drehung um eine Horizontalachse durch ein Excenter, die Schubstangen h und k und die an der Rückseite der Schaufeln fest an diesen sitzenden Arme t. Die Radwelle hat ihre Lagerung in der äusseren Schiffswand, die Excenterwelle g hingegen in dem das Rad überdeckenden, mit der Schiffswand fest vereinigten Radkasten. Die Excentricität ist etwas kleiner als die Länge der Dreharme t der Schaufeln. Der Ring f trägt einen starr mit ihm verbundenen Arm k, der an seinem vorderen Ende drehbar mit einem Schaufelarm t verbunden ist, und die um Bolzen m drehbaren Stangen h, welche an den übrigen Armen t auf die Schaufeln wirken. Die Stellung einer Schaufel ist bei dieser Anordnung nur dann vertical, wenn ihre Achse in der tiefsten Stellung angelangt ist.

Die **Entfernung der Schaufeln** beträgt bei gewöhnlichen Rädern für Flussschiffe 0,8 m bis 1 m, für Seeschiffe 1 m bis 1,25 m, bei Morgan'schen Patenträdern hingegen 1,1 bis 1,5 m für Fluss- und 1,4 bis 2 m für Seeschiffe.

Das **Verhältniss der Breite zur Länge** der Schaufeln findet sich für:

	Flussschiffe	Seeschiffe
Gewöhnliche Radialräder	$^1/_4$ bis $^1/_6$	$^1/_3$ bis $^1/_4$
Morgan'sche Patenträder	$^1/_4$ bis $^1/_5$	$^1/_2$ bis $^1/_3$

Die **Radbreite** soll bei Seeschiffen nicht über $^1/_3$, bei Flussschiffen nicht über $^1/_2$ der Schiffsbreite betragen.

Die **Umdrehungszahl der Räder** variirt zwischen 20 und 50 pro Minute.

Der Schraubenpropeller.

Die Arbeit, welche zur Drehung der Schraube bei fortschreitender Bewegung des Schiffes erforderlich ist, hat bis jetzt noch nicht sicher bestimmt werden können, vielmehr ist nur eine annäherungsweise Bestimmung derselben durch Vergleiche mit ausgeführten und bewährten Constructionen möglich. Eine Formel, welche annähernd für eine bestimmte Umdrehungszahl die erforderliche Anzahl der indicirten Pferdestärken ausdrückt, ist folgende: $N_i = N_i{}^1 \left(\frac{i}{i^1}\right)^3 \left(\frac{n}{n^1}\right)^3 \left(\frac{D}{D^1}\right)^5$, wobei $i = \frac{h}{D} = \frac{\text{Steigung}}{\text{Durchmesser}}$, n die Umdrehungszahl ist, während $N_i{}^1$, i^1, n^1, D^1 die entsprechenden Werthe bei einer ähnlichen Maschine und Schraube bezeichnen.

Der **Wirkungsgrad** der Schrauben ist ungefähr gleich dem der Schaufelräder bei ruhigem Wasser $\eta = 0{,}75$ bis $0{,}85$, ihre Umdrehungszahl beträgt 100 bis 150 pro Minute bei kleineren, 60 bis 80 bei mittleren, 45 bis 55 bei sehr grossen Schiffen. Der Durchmesser einer Schraube wird vortheilhaft so gross als möglich gemacht, jedoch soll die Oberkante der Schraubenflügel auf keinen Fall über den Wasserspiegel hinausragen, da dann Stösse durch das Ein- und Austauchen der Flügel entstehen würden. Bei Flussschiffen lässt man die Oberkante wohl bis an den Wasserspiegel reichen, bei Seeschiffen hingegen soll sich immer noch eine Wasserschicht von 0,3 bis 0,6 m über derselben befinden.

Man unterscheidet Schrauben mit constanter Steigung und solche, bei denen die Steigung von der Eintritts- nach der Austrittskante hin zunimmt. Letztere arbeiten im allgemeinen ruhiger. Die Anzahl der Flügel beträgt 2, 3, 4 oder 6, jedoch sind die zwei- und vierflügeligen Schrauben die gebräuchlichsten. Die zweiflügeligen Schrauben haben den vierflügeligen gegenüber den Vortheil, dass sie leichter sind und geringere Reibung verursachen, während sie anderseits fast immer ein bedeutendes Stossen am Hintersteven hervorrufen.

Fig. 1125.

Die Construction einer gewöhnlichen **zweiflügeligen Schraube** zeigt Fig. 1125. Dieselbe ist folgendermaassen: Man beschreibe einen Kreis, dessen Durchmesser gleich dem der Schraube ist, und theile seinen halben Umfang in eine gerade Anzahl gleicher Theile. Hierauf lege man an den Kreis zwei parallele Tangenten und mache die Stücke AE gleich der Steigung der Flügelkanten. Bei C wird die Strecke AE alsdann in zwei Hälften getheilt und die eine Hälfte CE in dieselbe Anzahl gleicher Theile als der Halbkreis. Wenn man hiernach durch die Theilpunkte die horizontalen und verticalen Linien zieht, so erhält man durch Verbinden der entsprechenden Schnittpunkte die Schraubenlinie. Nach Annahme der Flügelbreite zeichnet man den Grundriss bei B, die Seitenansicht bei C und die Endansicht in den Kreis.

In Folgendem, Fig. 1126—1127, ist die Construction einer **vierflügeligen Schraube** dargestellt (Nystrom, Pocket-Book of Mechanics and Engineering), sowie auch Formeln der Schraubendimensionen, als auch zur annäherungsweisen Bestimmung der Pferdestärken und Umdrehungszahlen. Sämmtliche Maasse sind in englischen Fussen ausgedrückt. Die Steigung der Schraube an der Peripherie ist doppelt so gross als der äussere Durchmesser, verkleinert sich aber nach der Mitte zu. An der Nabe ist sie um den Betrag des vorausgesetzten Slip geringer als an der Peripherie.

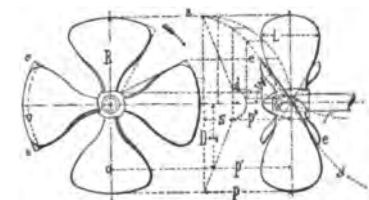


Fig. 1126—1127.

Ist $p = \frac{1}{4}$ der Steigung an der Peripherie, $p'' = \frac{1}{4}$ der Steigung an der Nabe, dann ist $p = p'' + s$, wo s der angenommene Slip in einem Bruch von p ist. Der Slip ist in den meisten Fällen positiv und variirt gewöhnlich in den Grenzen von 10 bis 30 Procent ($s = 0{,}10$ bis $0{,}30$), am häufigsten beträgt er 20 Procent. Für die beiden Steigungen p und p'' werden die Schraubenlinien acb an der Peripherie und dcf an der Nabe ebenso wie für gewöhnliche Schrauben construirt.

Die wirkliche Steigung des Propellers am Druckmittelpunkt der Flügel ist dargestellt durch p' für $r = 0{,}725$ als Entfernung von der Schraubenaxe; oder die wirkliche Steigung ist gleich $4\,p'$.

Es bedeutet: $P =$ Steigung des Propellers an der Peripherie, $W =$ Winkel, unter dem die Flügel in der Peripherie gegen die Axe geneigt sind, $D =$ äusserer Durchmesser, R grösster Radius, $L =$ Länge, parallel der Schraubenaxe, $m =$ Anzahl der Flügel, $b =$ grösste Breite der Propellerflügel zwischen den Punkten ee, $e =$ Kreisbogen im Winkel v, $v =$ die Projection des Winkels, welcher der ganzen Schaufelbreite entspricht, $a =$ Inhalt der Flügelflächenprojection, $A =$ Inhalt der wirklichen geneigten Flügelfläche, $O =$ Inhalt der wirksamen Propellerfläche, $H =$ Pferdestärkenanzahl, welche nöthig ist, dem Propeller n Umdrehungen pro Minute zu ertheilen.

Dann ist

$$cotg\, W = \frac{P}{\pi D};\qquad v = \frac{360\, L}{P};\qquad O = \frac{2{,}5\, D^3}{\sqrt{P^2 + \pi^2 D^2}};$$

$$P = cotg\, W \pi D;$$

$$P = \frac{360\, L}{v};\qquad b = \sqrt{\frac{v^2 \pi^2 D^2}{129600} - L^2};\qquad H = \frac{D^3 n^3}{480000} (L s \cos W + 0{,}11;$$

$$P = \frac{\pi D L}{e};\qquad a = \frac{0{,}785\, D^2 v m}{360};$$

$$P = \frac{\pi D L}{\sqrt{b^2 - L^2}};\qquad A = \frac{Rm}{2{,}25} (b + L);\qquad n = \frac{78}{D} \sqrt[3]{\frac{H}{(L s \cos W + 0{,}11)}};$$

Folgende Tabelle dient dazu, die Steigung und den Inhalt der wirksamen Propellerfläche zu finden; die mit W bezeichnete Columne enthält die Winkel der Propellerschaufeln, wie sie in der Zeichnung angedeutet sind.

Um die Steigung des Propellers mit Hilfe der Tabelle zu finden, multiplicirt man den betreffenden Durchmesser des Propellers mit dem Tabellencoefficienten der Columne P, welcher dem gegebenen Winkel W in der Columne W der Tabelle entspricht.

Beispiel. Der Durchmesser eines Propellers sei 12 Fuss engl., der Winkel $W = 60^0$, der Durchmesser der Nabe 1,5 Fuss und der Winkel an der Nabe = 16^0, so ist

die Steigung an der Peripherie 12 . 1,814 = 21,768 Fuss engl.
" " " " Nabe 1,5 . 10,97 = 16,455 " "

Es mögen jetzt bedeuten p_n und d_n die Steigung respective den Durchmesser an der Nabe, p_d die Steigung am Druckmittelpunkt der Schaufeln, so hat man $(P - p) : (p_d - p_n) = (D - d_n) : (0{,}725\, D - d_n)$

$$p_d = p_n + \frac{(P - p_n)(0{,}725\, D - d_n)}{D - d_n}.$$

Tabelle, um die Steigung und die wirksame Fläche des Schraubenpropellers zu finden. $D = 1$.

Winkel W	Steigung P	Wirksame Fläche ○	Winkel W	Steigung P	Wirksame Fläche ○	Winkel W	Steigung P	Wirksame Fläche ○	Winkel W	Steigung P	Wirksame Fläche ○
5°	36	0,068	26°	6,45	0,344	47°	2,930	0,573	68°	1,270	0,728
6	30	0,082	27	6,17	0.356	48	2,828	0,583	69	1,205	0,731
7	25,65	0,095	28	5,91	0,368	49	2,730	0,582	70	1,142	0,736
8	22,4	0,109	29	5,67	0,380	50	2,635	0,601	71	1,114	0,741
9	19,85	0,123	30	5,45	0,392	51	2,545	0,610	72	1,021	0,745
10	17,82	0,136	31	5,23	0,404	52	2,455	0,618	73	0,960	0,750
11	16,16	0,150	32	5,03	0,415	53	2,370	0,625	74	0,900	0,754
12	14,79	0,163	33	4,85	0,427	54	2,283	0,634	75	0,842	0,757
13	13,60	0,176	34	4,66	0,439	55	2,200	0,642	76	0,783	0,761
14	12,60	0,190	35	4,50	0,450	56	2.120	0,650	77	0.725	0,764
15	11,04	0,203	36	4,33	0,461	57	2,040	0,657	78	0,668	0,767
16	10,97	0,217	37	4.175	0,472	58	1,963	0,665	79	0,611	0,770
17	10,27	0,229	38	4,025	0,483	59	1,888	0,672	80	0,555	0,772
18	9,67	0,242	39	3,885	0,494	60	1,814	0,679	81	0,498	0,775
19	9,12	0,255	40	3,745	0,504	61	1,740	0,686	82	0,442	0,777
20	8,64	0,268	41	3,620	0,515	62	1,670	0,692	83	0,386	0,779
21	8,19	0,281	41	3,500	0,523	63	1,600	0,699	84	0,331	0,780
22	7,77	0.294	43	3,370	0,535	64	1,530	0,705	85	0,275	0,781
23	7,60	0,306	44	3,260	0,545	65	1,465	0,711	86	0,220	0,782
24	7,06	0.319	45	3,141	0,555	66	1,400	0,716	87	0,165	0,783
25	6,75	0.331	46	3,035	0,564	67	1,333	0,722	88	0,110	0,784

Die Schiffskessel.

Die Schiffskessel, welche aus Eisen-, Stahl- oder Kupferblech hergestellt werden, lassen sich ihrer Form nach folgendermaassen gruppiren: 1. Kessel von rechteckigem Querschnitt (Kofferkessel), 2. Cylinderkessel, 3. Ovalkessel.

Die Kessel von rechteckigem Querschnitt sind die ältesten und gegenwärtig noch am häufigsten vorkommenden. Infolge ihrer Gestalt, welche dem Schiffsquerschnitt angepasst werden kann, gestatten sie eine sehr vortheilhafte Raumausnutzung, hingegen ist ihre Widerstandsfähigkeit gering, weshalb sie sehr starke Bleche und Verankerungen erfordern und darum sehr schwer werden. Cylindrische

Kessel beanspruchen im allgemeinen mehr Raum, bieten aber dafür den Vortheil grösserer Widerstandsfähigkeit, also geringeren Gewichtes, lassen sich leichter herstellen und besitzen ein sehr gutes Verdampfungsvermögen. Die Kessel mit elliptischem Querschnitt, Ovalkessel, sind widerstandsfähiger als die mit rechteckigem, aber nicht so widerstandsfähig als die Cylinderkessel, während sie in Bezug auf Raumersparniss hinter den Kofferkesseln zurückstehen.

Ob die Kessel von rechteckigem Querschnitt in horizontaler oder verticaler Richtung die grösseren Dimensionen bekommen, die Cylinderkessel stehend oder liegend angeordnet werden, die Längenaxe der Ovalkessel horizontal oder vertical gerichtet ist, hängt von dem Zwecke und dem Tiefgange des Schiffes ab. Bei sehr kleinen Schiffen kommen besonders die stehenden Cylinderkessel in Anwendung, weil dieselben sehr geringen Deckraum beanspruchen; liegende Cylinderkessel werden in neuerer Zeit auch für Oceandampfer gebaut, seit man sich zum Betriebe von deren Maschinen auch höheren Dampfdruckes bedient.

Ihrer inneren Construction nach kann man Zug-, Rohr- und aus diesen beiden Systemen combinirte Kessel unterscheiden. Die Zugkessel enthalten eine geringe Anzahl von Feuerröhren zur Aufnahme der Heizgase, jedoch ist der Querschnitt derselben, welcher eine rechteckige, kreisförmige oder ovale Form haben kann, gross. Enthält ein Kessel hingegen eine grosse Anzahl von Zügen, deren jeder nur geringen Querschnitt hat, so nennt man ihn Rohrkessel. Oft finden sich in demselben Kessel beide Anordnungen vereint und spricht man dann von einem combinirten Zug- und Rohrkessel.

Die bei weitem wichtigsten, weil gegenwärtig am häufigsten angewendeten, sind die Rohrkessel. Die Rohre sind in denselben entweder ganz oder doch nahezu horizontal oder auch aufrecht stehend angeordnet; letzteres meist nur an Bord kleinerer Boote. Sie werden aus Eisen-, Messing- oder Stahlblech gefertigt und es variirt ihr Durchmesser zwischen 45 und 100 mm, ihre Wandstärke zwischen 1,6 bis 3,5 mm. Bei den Kesseln der Fluss- und Küstenboote beträgt der Durchmesser der Rohre 45 bis 75 mm, bei denen der Oceandampfer 75 bis 100 mm.

Die Messingrohre zeichnen sich durch grosse Wärmeleitungsfähigkeit und Dauerhaftigkeit aus, allerdings auch durch sehr hohen Preis. Gute Wärmeabgabe zeigen infolge ihrer geringen Wandstärke auch die Stahlrohre, welche sich noch keiner ausgebreiteten Verwendung erfreuen, obschon sie sich auch in Bezug auf ihre Reinigung vom Kesselstein günstig verhalten.

Die totale Heizfläche beträgt bei neueren Kesselconstructionen pro indicirte Pferdestärke 0,4 bis 0,6 qm, die totale Rostfläche 0,014 bis 0,02 qm.

Um pro Minute 1 kg Wasser zu verdampfen, sind 2,2 bis 3 qm Heizfläche erforderlich, 1 qm Rostfläche entspricht demnach 30 bis 35 qm Heizfläche, und es beträgt die Verdampfung pro Quadratmeter Heizfläche und Stunde 10 bis 12,5, pro Quadratmeter Rostfläche 300 bis 400 kg Wasser. Die vordere Höhe des Feuerraumes findet sich zwischen 0,31 bis 0,47 m, die des Aschenraumes 0,47 bis 0,63 m. Der Rost, welcher wegen dann eintretender unbequemer Bedienung nicht länger sein soll als 2,2 m, bekommt nach hinten eine Neigung, welche zwischen $1/_{24}$ bis $1/_{6}$ der Rostlänge variirt; die Rostfugenbreite ist abhängig von der Art des Brennstoffes. Es beträgt der Fugenquerschnitt im allgemeinen für Anthracit $1/_{3}$, für Steinkohle $1/_{4}$ und für Holz $1/_{6}$ der totalen Rostfläche. Für gewöhnliche Steinkohlen ist die Fugenbreite bei dem gewöhnlichem Stabrostsystem in der Regel 13 mm, für Welschkohle 9 bis 12 mm. Die Roststäbe hingegen haben eine Breite von ca. 38 mm. Der Ueberdruck in den Kesseln älterer Construction beträgt durchschnittlich 1,5 At, während man in neuerer Zeit mit demselben bis zu 5 und 6 At hinaufgeht.

In Fig. 1128—1129 ist ein Kessel des englischen Schraubendampfers „Abden" dargestellt. Derselbe kann als Typus eines modernen Schiffskessels für Hochseedampfer gelten. Dieser Horizontalrohrkessel mit rückwirkender Flamme hat die Kofferform und ist von rechteckigem Querschnitt. Das Rohrsystem ist oberhalb der Feuerbüchse angeordnet. Vom Roste *a* aus streicht die Flamme über die aus Chamotte hergestellte Feuerbrücke *b* hinweg, passirt die Rauchkammer *c* und das Rohrsystem *a*, worauf sie in den Rauchfang *e* einströmt. Der Rost ist aus zwei Reihen Roststäben hergestellt und wird an der Kesselfront durch die Rostplatte *f*, in der Mitte durch den Rostträger *g* und am Ende durch die Feuerbrücke unterstützt. Der Einbau der Feuerbüchsen im Kessel durch Stehbolzen, sowie die Verstärkung des Kessels mittelst Ankerbolzen ist aus den Figuren leicht ersichtlich, ebenso die Stösse der einzelnen Kesselbleche. Der Kessel hat vier Feuerungen, über denen die Rohre entsprechend in vier Systemen nach hinten geneigt angeordnet sind. Jedes der vier Rohrsysteme hat seine besondere Rauchfangthür. Um die Wärmeausstrahlung möglichst zu verringern, ist der Rauchfang mit einem Blechmantel umgeben.

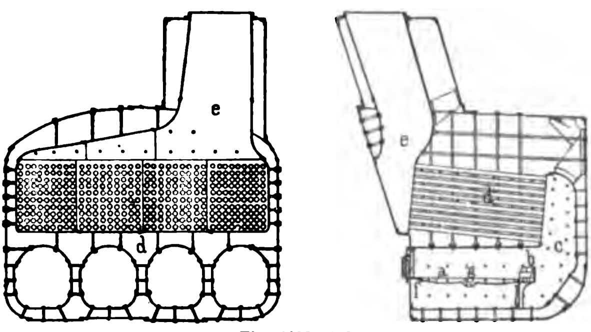


Fig. 1128—1129.

In Bezug auf Nutzbarmachung der Heizgase, also geringen Kohlenverbrauch, ist vorliegende Kesselconstruction als vorzüglich zu betrachten.

Fig. 1130—1132 zeigen den Kessel des Bugsirdampfbootes und Eisbrechers der Handelskammer zu Lübeck für einen Dampfüberdruck von 6 At. Derselbe ist ein horizontaler cylindrischer Rohrkessel mit flachen Stirnwänden, ebenfalls mit rückwirkender Flamme und mit nach hinten geneigten Rohren. Derselbe hat zwei Feuerungen mit zwei getrennten Feuerbüchsen und geneigtem Rost *a*. Der letztere besteht aus zwei Reihen Roststäben, welche mit ihren zusammenstossenden Enden auf schmiedeeisernen Querträgern *bb* ruhen, während die anderen Enden der vorderen Reihe sich auf eine plattenförmige Verlängerung des Thürrahmens *c*, die der hinteren auf eine Gusseisenplatte *d* stützen, welche die aus Chamottesteinen gebildete Feuerbrücke trägt und gleichzeitig die Rauchkammer *g* vom Aschenfall *h* trennt. Ueber den beiden, aus zwei Längen mit Adamson'schen (geflanschten) Ringen zusammengesetzten Feuerungsröhren sind 124 Siederohre *e* in zwei Systemen angeordnet. Die Rostfläche beträgt 2,55 qm, die Heizfläche 80 qm, der Dampfraum 3 cbm. Die beiden cylindrischen Feuerrohre haben 750 mm Durchmesser und eine Wandstärke von 12 mm. Der Durchmesser des ganzen Kessels beträgt 2570 mm, seine Länge 2750 mm. Die Stirnseiten des Kessels sind durch starke Ankerbolzen *f* verbunden, die Rauchkammer ist durch Stehbolzen *k* stabil eingebaut. Der Kessel ist mit Dampfdom ausgerüstet und trägt seitlich vier starke Flacheisenwinkel *i* zu seiner Lagerung im Schiffskörper.

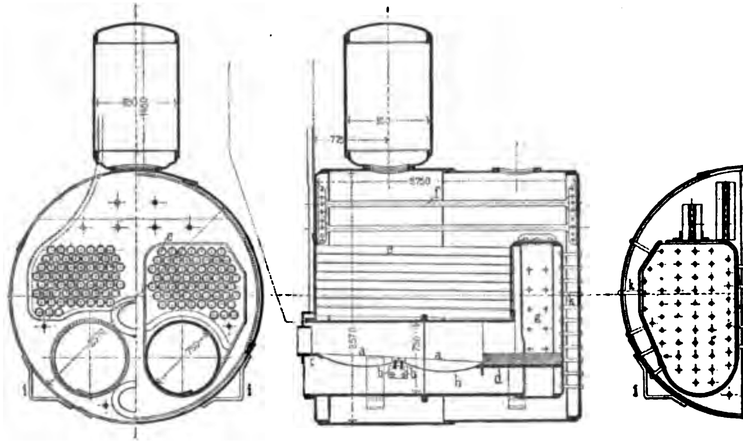


Fig. 1130—1132.

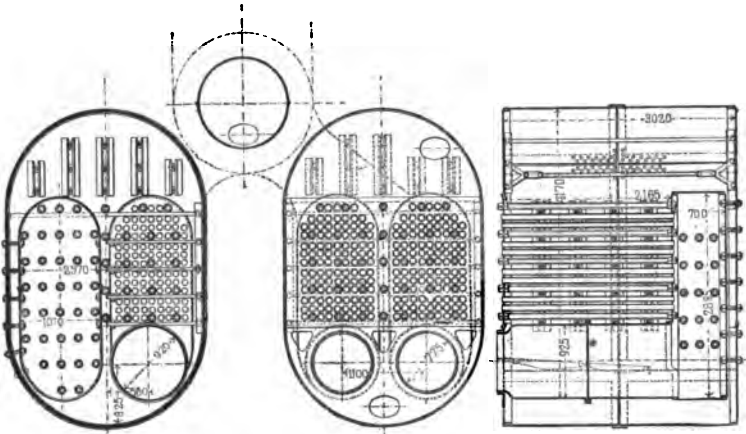


Fig. 1133—1135.

In Fig. 1133—1135 sei schliesslich noch ein Ovalkessel, construirt von W. Theis in Palermo, dargestellt. Es ist dies ein Kessel, wie er auf den Dampfern „Scilla" und „Carideli" angewendet ist. Derselbe ist für einen Ueberdruck von 5 At bestimmt. Die geraden äusseren Wände sind durch Winkeleisen und Zugstangen sehr kräftig verstärkt, die Kesselbleche hingegen dünn, doch aus bestem Eisen hergestellt. Die Feuerungsrohre sind ihrer Länge nach geschweisst und es verleiht ihnen eine in der Mitte angebrachte Flansche die nöthige Elasticität. Bei der beträchtlichen Höhe des Kessels war es ermöglicht, das Dach der Verbrennungskammern kreisrund zu machen, wodurch die Herstellung vereinfacht und die Sicherheit erhöht worden ist.

Bemerkenswerth ist noch die Verbindung der Bleche der äusseren Schale durch einen in einem Stück hergestellten, in den Längenbändern zusammengeschweissten Gürtel, bei welcher Construction die Zusammenstösse von 3 Blechen vermieden sind, was hauptsächlich bei dicken Blechen von Vortheil ist, die beim Vernieten mit der Maschine sehr leiden, deren Vernietung von Hand aber sehr schwierig ist. Ein Abkanten der Umfangsbleche ist durch diese Construction erspart und ist nur ein Verstemmen von aussen längs des Gürtels nothwendig.

Die Schiffsmaschinen.

Die Arbeit zur Fortbewegung eines Schiffes ist $L = kFv^3$ mkg, wobei k den Widerstandscoefficienten, F das eingetauchte Areal des Hauptspantes, v die Geschwindigkeit des Schiffes bedeutet. Bezeichnet man

ferner den Wirkungsgrad der Maschine mit η_1, den des Propellers mit η, so erhält man die effective, zur Fortbewegung des Schiffes erforderliche Arbeit in Pferdestärken $N = \frac{k F v^3}{75 \eta \cdot \eta_1}$.

Der Werth von η_1 variirt bei Hochdruckmaschinen von 0,55 bis 0,88, für Niederdruckmaschinen von 0,5 bis 0,88, und zwar gelten die kleineren Werthe für kleine Maschinen von 4 bis 10 Pferdestärken, die grösseren für Maschinen über 2000 Pferdestärken. Im Mittel kann man bei sorgfältiger Construction $\eta_1 = 0{,}70$ annehmen und den Wirkungsgrad des Propellers $\eta = 0{,}90$, sodass sich für das Product ergiebt $\eta \cdot \eta_1 = 0{,}63$.

Bezeichnet in Folgendem d den Cylinderdurchmesser in Metern, s den Kolbenhub in Metern, n die Anzahl der Umdrehungen pro Minute, m die Anzahl der Cylinder, p_m den mittleren Dampfdruck in Kilogrammen pro Quadratcentimeter Kolbenfläche, so ist die Leistung einer Maschine in indicirten Pferdestärken

$$N_i = \frac{261{,}8\, d^2 . s . n . p_m . m}{75}.$$

Es bezeichne für Compoundmaschinen d den Durchmesser, p_m den mittleren, p_o den Enddruck für den Hochdruckcylinder, D und P_m die entsprechenden Werthe für den Niederdruckcylinder, e_1 die Füllung in demselben, während R_m den mittleren Druck im Zwischenreservoir, p_c den Gegendruck im Condensator, s den Kolbenhub, n die Umdrehungszahl pro Minute bedeutet, so ist die indicirte Arbeit in Pferdestärken für den Hochdruckcylinder: $N_i' = \frac{261{,}8\, d^2 s n (p_m - R_m)}{75}$, für den Niederdruckcyl.: $N_i'' = \frac{261{,}8\, d^2 s n (P_m - p_c)}{75}$,

$$\text{wobei } R_m = p_o \left(\frac{d}{D}\right)^2 . \frac{1}{e_1} \text{ ist.}$$

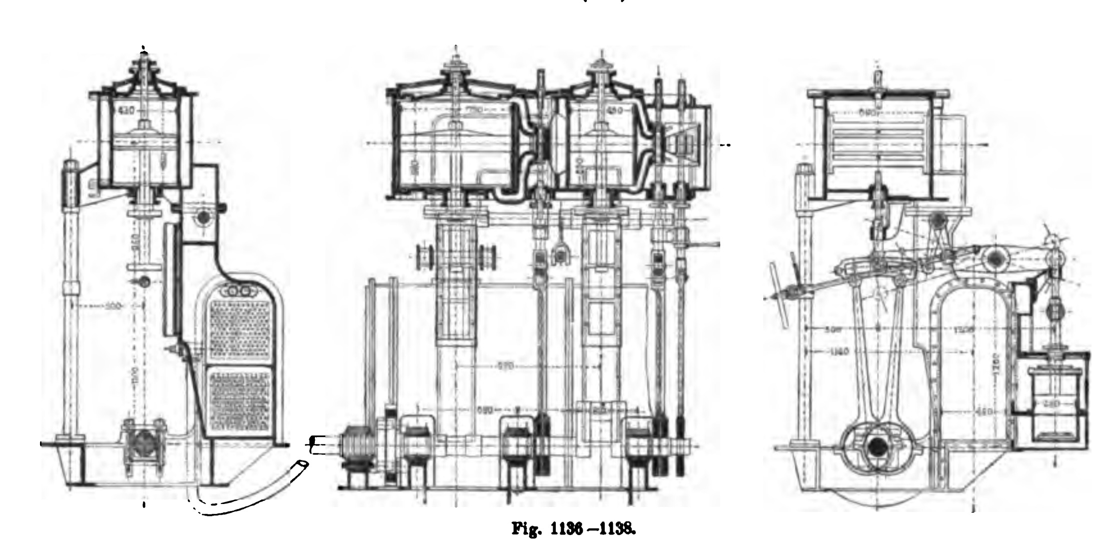


Fig. 1136—1138.

Fig. 1136—1138 stellen die **Maschine eines Eisbrechers und Bugsirdampfbootes der Handelskammer zu Lübeck** dar. Dieselbe ist eine Compoundmaschine mit Condensation und variabler Expansion für eine Leistung von 160 indicirten Pferdestärken berechnet, wobei ein Dampfüberdruck von 6 At angenommen ist. Der Kohlenverbrauch pro Stunde und indicirte Pferdestärke beträgt 1 kg. Die Maschine setzt eine vierflügelige Schraube von 1900 mm Durchmesser in Bewegung, deren Flügelareal 0,309 qm, deren Steigung 3150 und 2750 mm beträgt. Die beiden Kolben haben einen Hub von 470 mm, der Hochdruckcylinder 430 mm, der Niederdruckcylinder 750 mm Durchmesser; die Welle macht 120 Umdrehungen pro Minute. Der Condensator enthält 390 Rohre, welche eine Gesammtkühlfläche von 42,48 qm repräsentiren. Die Geschwindigkeit des Schiffes beträgt 9 Knoten pro Stunde.

In den Fig. 1139—1142 ist ein **Rohrplan** gegeben, welcher den Zusammenhang der einzelnen Apparate erkennen lässt. Es ist A der Kessel, B das Dampfrohr für die Cylinder, $C' C''$ sind die beiden Cylinder, D bezeichnet den Condensator, E den Ausguss der Circulationspumpe, F den Ausguss der Luftpumpe, G ist das Sicherheitsventil, H der Saugekasten, J das Lensventil, K die Dampfpumpe, L das Speiserohr der Dampfpumpe, M das Speiserohr für das durch den Condensator gehende Wasser, N das Dampfrohr zur Pumpe, O der Ausguss des Lenswassers, P das Speiseventil für die Dampfpumpe. Weiter bezeichnet Q den Abblasehahn, R den Ausblasehahn, S das Speiseventil mit Hahn, T eine kleine Dampfmaschine, U das Dampfrohr für dieselbe, V das Lensrohr der Circulationspumpe, W das Absperrventil,

X das Saugventil der Circulationspumpe, *Y* den Einspritzhahn am Condensator, *Z* eine dynamo-elektrische Maschine zur Beleuchtung, *a b c* Absperrventile für die Dampfleitungsrohre und *d d* zwei Sicherheitsventile.

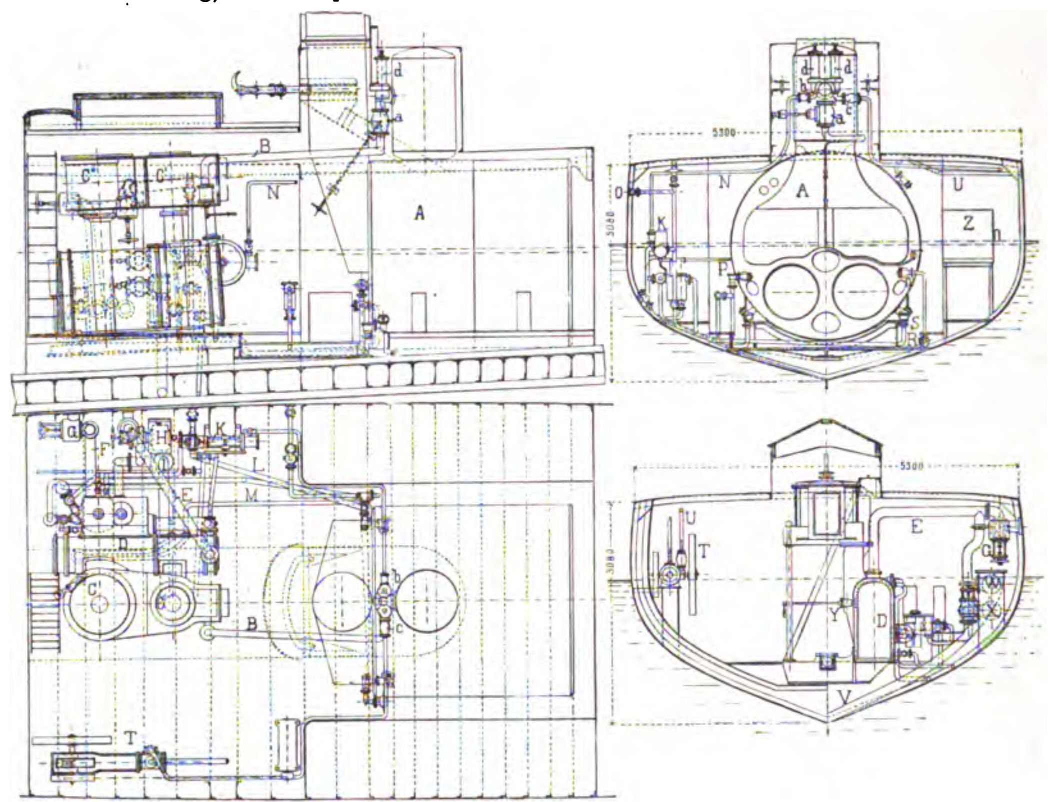


Fig. 1139—1142.

Eine **Schraubenschiffsmaschine**, ebenfalls **Compoundsystem**, für 50—60 Pferdestärken, von **Escher, Wyss & Co.** in Zürich erbaut, zeigen Fig. 1143—1145. Bei dieser Maschine bestehen die beiden Cylinder $c c_1$ mit ihren Schieberkasten und dem die Cylinder umgebenden Dampfmantel *a* aus einem Stück. Der Dampf wird in eine besondere Abtheilung des Schieberkastens eingeleitet, welche mit dem eigentlichen Schieberkasten durch Oeffnen des Einlassventiles *b* in Verbindung tritt. Ein kleines Ventil *d* ermöglicht es, auch den grossen Cylinder mit directem, frischen Dampf zu versorgen, falls solches gewünscht wird. Der Dampfvertheilungsmechanismus besteht aus Coulissen- und Muschelschiebern mit doppelten Canälen. Die Expansion im kleinen Cylinder ist variabel, die Umsteuerung der Maschine sehr bequem. Die Maschine hat einen Einspritzcondensator *e* mit einfachwirkender Luftpumpe *p*. Diese sowohl als auch die Speisepumpe *s* und die mit Kautschukklappen versehene Lenspumpe *l* werden durch die Kolbenstange *k* des grossen Cylinders in Bewegung gesetzt. Der aus dem Niederdruckcylinder austretende Dampf kann entweder in den Condensator oder in die freie Luft geleitet werden, sodass die Maschine mit oder ohne Condensation arbeiten kann. Als Hauptdimensionen seien folgende erwähnt:

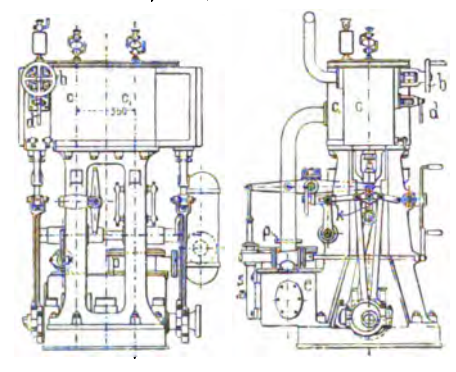


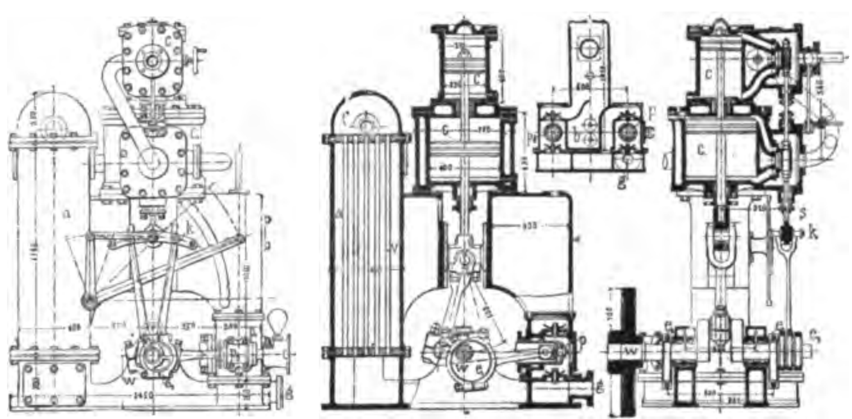
Fig. 1143—1145.

Der Durchmesser des Hochdruckcylinders	= 210 mm
„ „ „ Niederdruckcylinders	= 360 „
Hub der beiden Cylinder	= 250 „
Durchmesser der Luftpumpe 260 mm, Hub	= 100 „
„ „ Lenspumpe 22 mm, Hub	= 268 „
„ „ Speisepumpe 22 mm, Hub	= 268 „
„ „ Kolbenstangen 38.	

Die Maschine betreibt eine dreiflügelige Schraube, deren äusserer Durchmesser 1,200 m, deren Steigungen 1,3 und 1,7 m sind.

Die Schraubenwelle hat einen Durchmesser von 80 mm und macht 250 Umdrehungen pro Minute bei einer Dampfspannung von 6 At Ueberdruck. Das Schiff selbst ist 21,5 m lang, 3 m breit und hat einen Tiefgang von 1,3 m.

Eine Schiffsdampfmaschine mit Hochdruck und Oberflächencondensation zeigen die Fig. 1146—1149. Dieselbe ist nach dem Compoundsystem von Gustave Delahante in Bordeaux construirt. Die Maschine zeigt eine verticale Aufstellung und zwar ist der kleine Cylinder c auf dem grossen c_1 montirt. Beide Cylinder stehen auf einem die Pumpen p_1, p_2, p_3, den Condensator a und das Speisewasserreservoir b enthaltenden Untergestell. Die Pumpen sind einfachwirkend, mit horizontalem Kolben und werden mittelst der Excenter e_1, e_2, e_3 von der Kurbelwelle w aus getrieben; sie sind mit flachen Klappenventilen aus Kautschuk versehen, welche auf Bronzesitzen angebracht sind.


Fig. 1146—1149.

Die Dampfschieber der beiden Kolben sitzen an gemeinschaftlicher Schieberstange s, und es kann die Umsteuerung der Maschine mittelst der Coulisse k bewirkt werden. Der kleine Cylinder empfängt frischen Dampf während 0,50 bis 0,75 des Kolbenhubes. Auf der Seite des Dampfabgangrohres des kleinen Cylinders befindet sich ein durch eine Schraube zu bewegendes Ventil, welches eine Verbindung der beiden Räume vor und hinter dem Kolben des kleineren Cylinders herzustellen gestattet, sodass auch der grosse Cylinder frischen Kesseldampf erhalten kann.

Der aus den Cylindern kommende Dampf tritt zwischen die Verticalröhren v des Condensators a, wird dort condensirt und gelangt in das Speisereservoir b, aus welchem die Speisepumpe p_3 ihren Bedarf entnimmt.

Das Circulationswasser, welches durch die untere Oeffnung g eintritt, wird durch die Höhlung des Gestelles nach dem Condensator geführt und steigt in den verticalen Röhren nach der oberen Abtheilung f, durch welche es den Condensator verlässt.

Der grosse Cylinder wird mit frischem Kesseldampf geheizt.

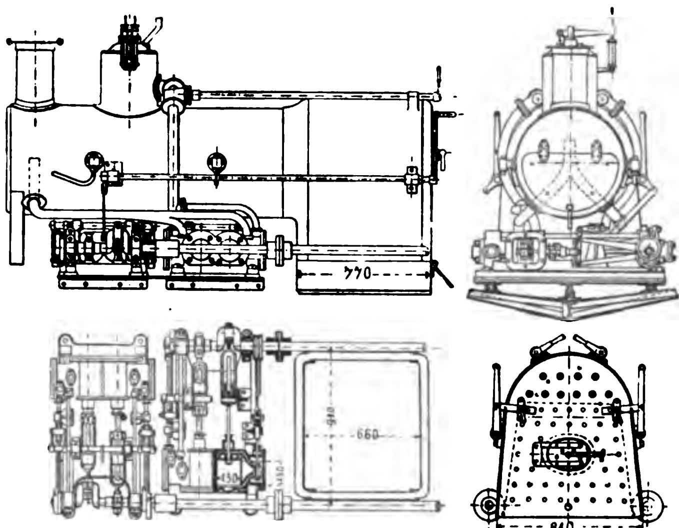


Fig. 1150—1153.

Der Kasten des Condensators hat rechteckigen Querschnitt und wird oben und unten durch zwei durchlochte Bronzeplatten abgeschlossen, welche 147 Röhren aus verzinntem Messingblech von 19 mm Durchmesser, 1,5 mm Wandstärke und 1,2 m Länge tragen. Diese Röhren bieten eine Kühlfläche von 10,5 qm. Der Durchmesser des kleinen Kolbens beträgt 0,23 m, der des grossen 0,4 m, der gemeinschaftliche Hub 0,250. Bei einer Admissionsspannung von 5 At Ueberdruck, einer Admissionsdauer von 0,7 des Cylinderhubes und 180 Touren ergab sich eine indicirte Leistung von 51,7 Pferdestärken.

Fig. 1150—1153 stellen Kessel und Maschinen einer Dampfyacht, welche durch 2 Schrauben betrieben wird, in sehr compendiöser Anordnung dar. Das Schiff, welches zu vorliegender Maschinenanlage gehört, hat eine Länge in der Wasserlinie von 12,8 m, eine Breite von 2,13 m und eine Tiefe von 1,22 m. Sein Deplacement beträgt 9,9 Tonnen bei einem Tiefgang von 0,61 m vorn, 0,76 m hinten und 0,68 m in der Mitte; die eingetauchte Fläche des Hauptspantes ist 1,2 qm.

Der Kessel ist ein Locomotivkessel mit 39 Röhren, deren Länge 1,37 m, deren Durchmesser

0,044 m beträgt und die eine Heizfläche von 8,65 qm repräsentiren. Da die Feuerkiste noch 1,85 qm Heizfläche bietet, beträgt die totale Heizfläche für diesen Kessel 10,50 qm; die Rostfläche ist 0,46 qm. Der mit einem Dom ausgerüstete Kessel wird durch zwei Speisepumpen, die in der Zeichnung nicht dargestellt sind, mit Wasser versehen.

Die Cylinder haben einen Durchmesser von 0,13 m, der Kolbenhub beträgt 0,15 m; jede Maschine hat ihre eigene Grundplatte und kann für sich allein mit der dazu gehörigen Schraube arbeiten. Die Schrauben haben einen Durchmesser von 0,69, eine Steigung von 0,91 m.

Fig. 1154—1157.

Fig. 1154—1157 veranschaulichen eine grössere Dampfmaschine, die des englischen Raddampfers „Abden" mit 500 nominellen Pferdestärken. Sie dient zum Betriebe einer Griffithschraube, ist liegend angeordnet und ebenfalls nach dem Compoundsystem erbaut. Mittelst Stephenson'scher Coulisse lassen sich verschiedene Expansionsgrade, sowie die Umsteuerung erzielen. Die Maschine arbeitet mit einem Ueberdruck von 4,5 At und Condensation. Die Anordnung ist aus der Figur leicht ersichtlich, ebenso die der in Fig. 1158—1160 dargestellten Schiffsmaschine des Raddampfers und Eisbrechers Ajax für 100 nominelle Pferdestärken, construirt von A. Tischbein und in der Hansa zu Rostock erbaut. Dieselbe besitzt oscillirende Cylinder und arbeitet mit Condensation.

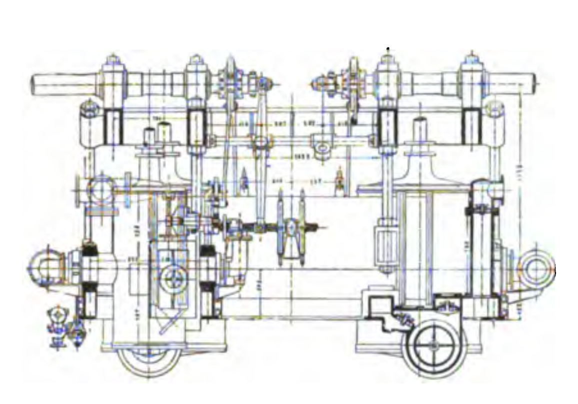
Zum Schluss geben wir noch die Abbildungen einiger Dampfschiffe.

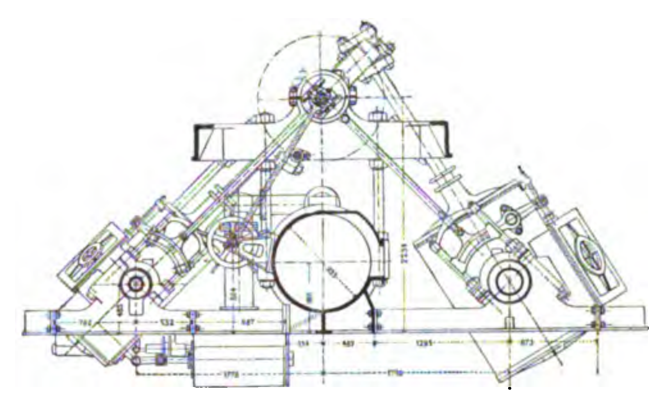
Textfiguren 1161—1162 zeigen ein Dampfschiff der kleinsten Art, einen sogenannten Colibridampfer, Patent Hagelin. Die Maschine desselben bewegt sich mit grosser Geschwindigkeit, wodurch ihre Abmessungen sowie die des Propellers sehr gering werden. Das Schiff zeigt sehr geringen Tiefgang; die Maschine desselben arbeitet, um Brennmaterial zu sparen, mit sehr starker Expansion. Die Hauptverhältnisse, nach denen diese kleinen Dampfer erbaut werden, sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Effective Pferdestärken	Länge	Breite	Tiefgang	Personen	Geschwindigkeit	Kohlenverbrauch	Dampfdruck	Umdrehungszahl der Schraube	Gewicht der Maschine mit Kessel und Armatur
	Fuss engl.			Anzahl	Engl. Meilen	Kubikfuss Stunde	Pfund		Centner
1/2	20	5,33	1	6	3,5	0,13	90—140	600	6
1	23	5,33	1,5	10	5	0,25	90—135	500	8,5
2	26,75	6,33	1,75	15	6	0,50	90—130	450	11
3	32	7,25	1,75	22	7	0,75	90—125	400	15

Fünf Constructionen von Dampfschiffen zeigt Tafel 9, Band II. In Fig. 1—5 ist das Rheindampfschiff „Deutscher Kaiser" gezeichnet. Die Maschine desselben hat 140 nominelle Pferdestärken und wiegt inclusive der gefüllten Kessel und der Ruderräder 111 Tonnen. Der Schiffskörper hat mit der Ausrüstung ein Gewicht von 206 Tonnen, während die Belastung durch die mitzuführenden Steinkohlen 35 Tonnen beträgt. Die Länge des Schiffes zwischen den beiden Perpendikeln ist 79 m, seine Breite im Hauptspant 7,6 m, die Höhe 2,6 m. Die Fig. 6—14 veranschaulichen ein in der Sächsischen Dampfschiff- und Maschinenbauanstalt vormals Schlick in Dresden construirtes eisernes Dampfschiff. Dasselbe ist mit Morgan'schen Ruderrädern ausgerüstet und es beträgt die Länge desselben von Steven zu Steven 52,4 m, seine Breite im Hauptspant 4,9 m, seine Tiefe vom Boden bis zur Deckskante 2,4 m. Wenn das Schiff seinen Kohlenbedarf von 2500 kg an Bord hat, so ist sein Tiefgang 1 m und sein Deplacement $79\frac{1}{2}$ Tonnen. Das Gewicht der Maschine, der Räder und des gefüllten Kessels beträgt $28\frac{1}{2}$ Tonnen.

In den Fig. 15—18 ist ein Schraubendampfboot dargestellt, das auf der Seine bei Paris angewendet wird. Seine Länge beträgt 30 m bei einer Breite von 3,7 m und einem Tiefgange von 1,45 m mit voller Belastung von 28 Tonnen. Die für 6 At Spannung berechnete Maschine entwickelt eine





Leistung von 25—30 Pferdestärken; der Kessel ist horizontal angeordnet und hat eine Heizfläche von 32 qm. Als Propeller ist eine vierflügelige Schraube von 1,2 m Durchmesser in Verwendung, welche pro Minute 120 bis 200 Umdrehungen macht. Die Zahl der Passagiere, welche das Schiff aufnehmen kann, beträgt 150, seine Geschwindigkeit 12000 m pro Stunde, bei einem täglichen Coaksconsum von 32 hl. —

Fig. 21—26 bieten eine Darstellung des Bugsirdampfbootes und Eisbrechers der Handelskammer zu Lübeck mit einer Länge über Deck von 24,9 m. Die Länge in der Constructionswasserlinie beträgt 22,56 m, die Breite im Hauptspant 5,55 m, die Tiefe im Raum 3,05 m, der Tiefgang 2,57 m. Die Construction und Anordnung der Maschine ist aus den Textfiguren 1136—1142 ersichtlich; nur in Betreff des cylindrischen Kessels sei noch bemerkt, dass derselbe 2 Feuerungen mit zwei getrennten Feuerbüchsen und schmiedeeiserne Sederöhren enthält. Seine Heizfläche ist 80 qm, die Rostfläche 2,55 qm. Das Schiff hat eine Fahrgeschwindigkeit von 9 Knoten pro Stunde.

Zum Schluss ist in Fig. 27—32 ein Passagier- und Bugsirdampfboot von 20 Pferdestärken, das auf der unteren Oder im Betriebe ist, dargestellt. Seine Länge zwischen den Perpendikeln beträgt 23,2 m, seine Breite in der Constructionswasserlinie 4 m. Die Tiefe vorn beträgt 1 m, hinten 1,43 m, die Raumtiefe hingegen 2 m. Der Dampfer zeigt eine Constructionstiefe von 1,1 m und hat 67,500 cbm Deplacement.

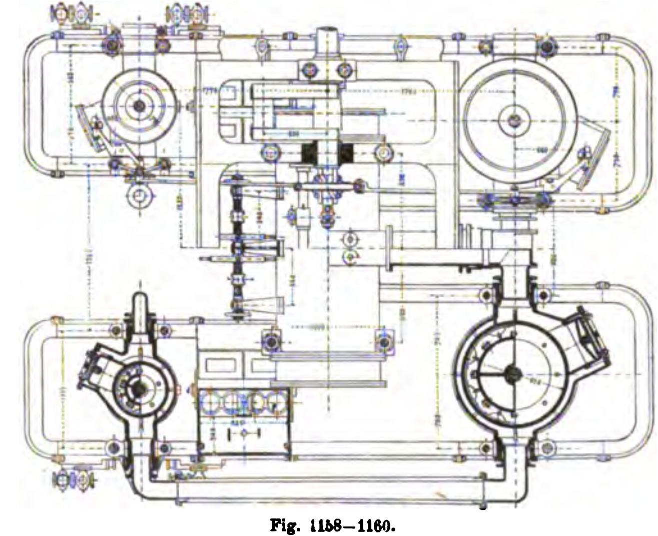


Fig. 1158—1160.

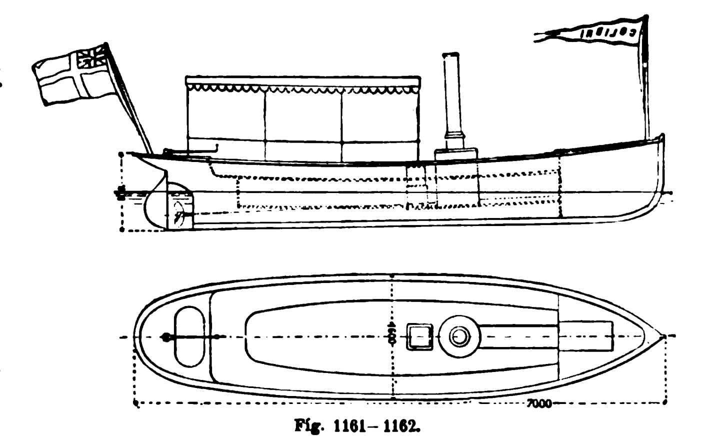


Fig. 1161—1162.

LITERATUR.

Verzeichniss der benutzten Quellen.

White, Handbuch für Schiffbau. Leipzig, Felix.
Rühlmann, Allgemeine Maschinenlehre. Braunschweig, Schwetschke & Sohn.
Schwarz-Flemming, Die Kesselabtheilung auf Dampfschiffen. Berlin, Gärtner.
„Hütte“, Des Ingenieurs Taschenbuch. Berlin, Ernst & Korn.
————, Sammlung von Zeichnungen.
Redtenbacher, Der Maschinenbau. Mannheim-Heidelberg, Bastermann.
Nystrom, Pocket-Book of Mechanics, Philadelphia, Lippincott & Co.
Maw and Dredge, Engineering. London.
Oppermann, Portefeuille économique des machines. Paris.
Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure.
Lacroix, Annales du Génie civil. Paris.
Ziese, R., Ingenieur. Ueber neuere Schiffs-Maschinen. Kiel 1879. Universitäts-Buchhandlung.

Alphabetisches Namen- und Sachregister.

L.

M.

N.

O.

P.

R.

S.

T.

U.

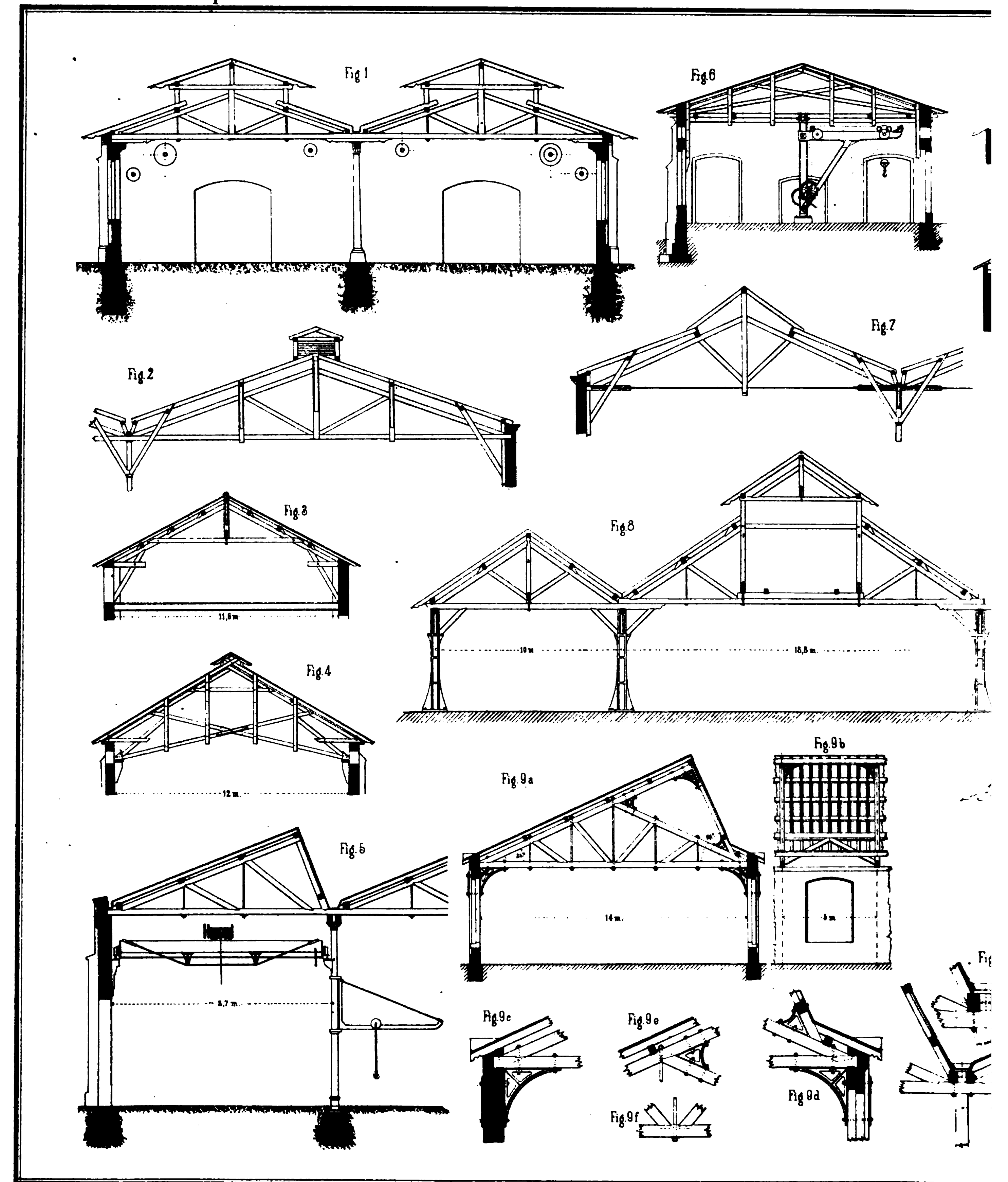
V.

W.

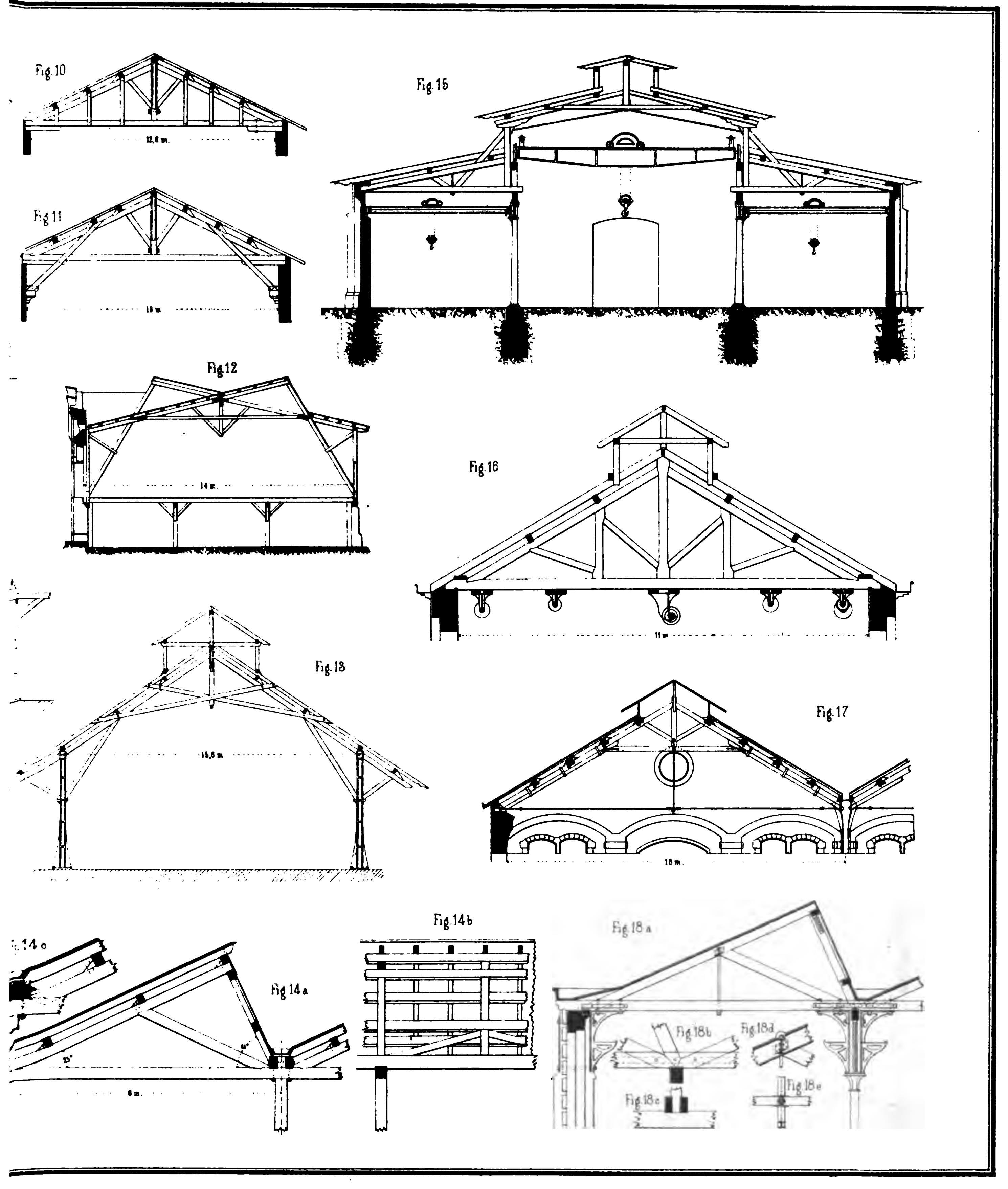
Z.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.

Dach-Con

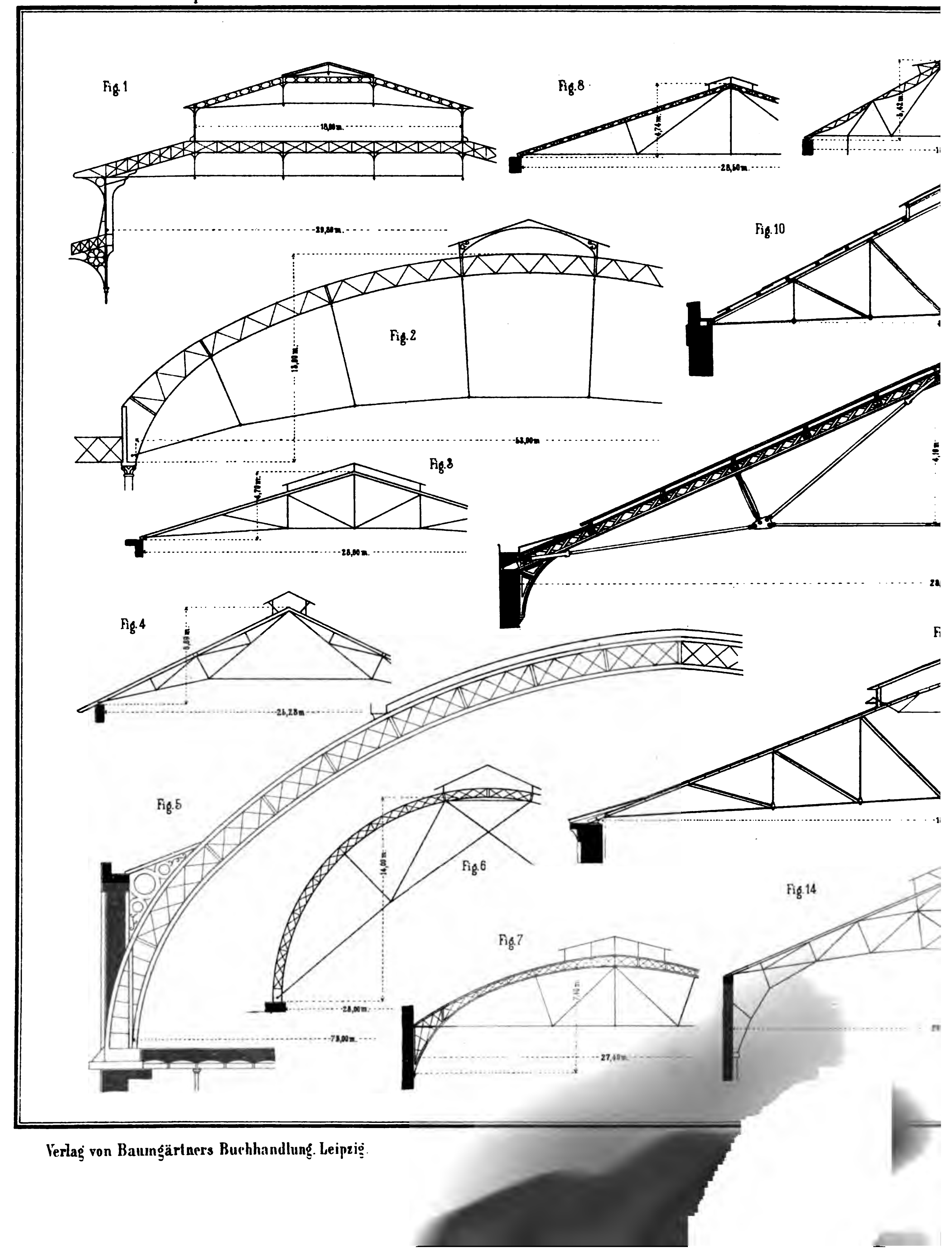


Verlag von Baumgärtners Buchhandlung, Leipzig.

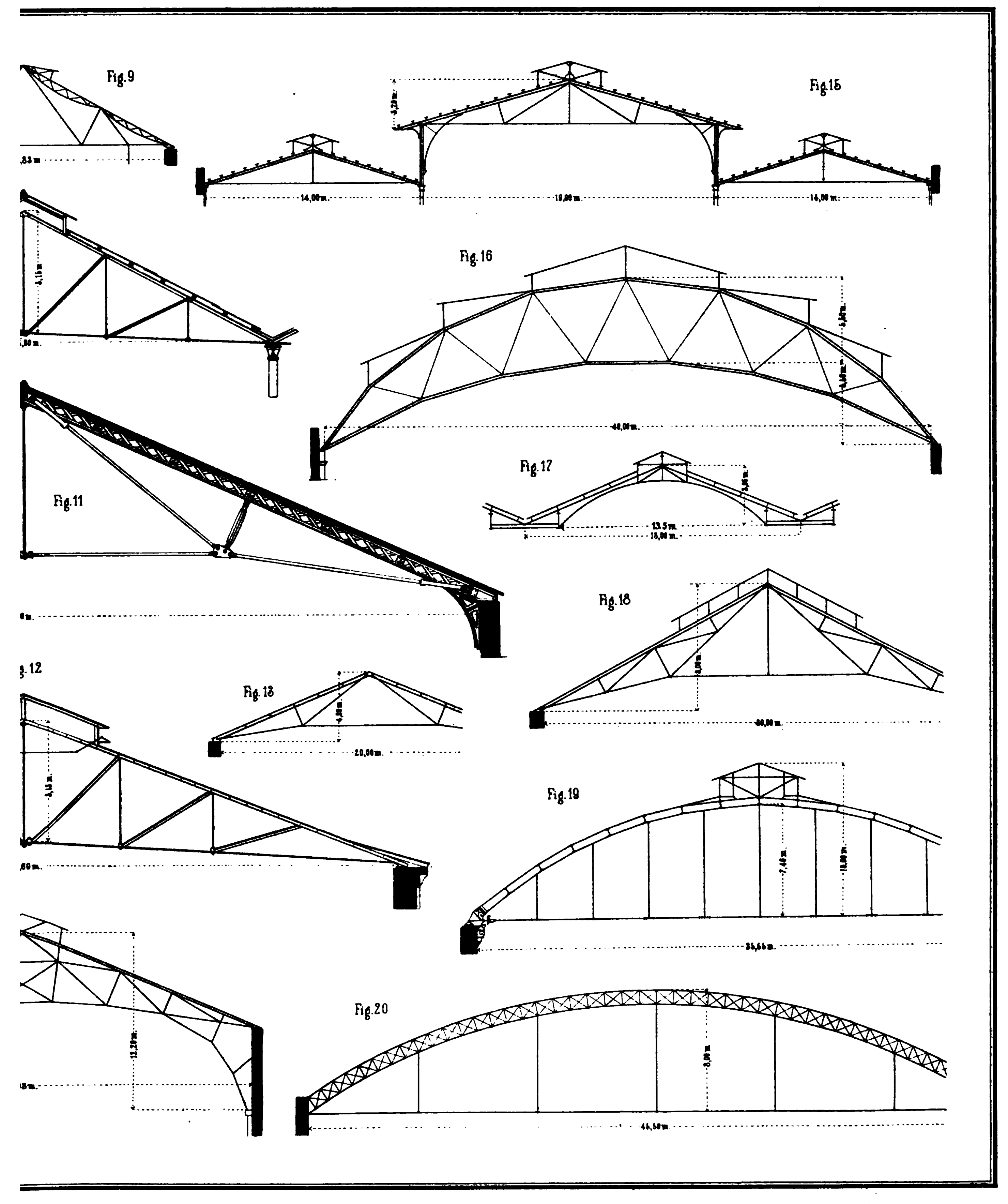


Photolithograph. Druck v. Fr. Gröber Leipzig.

Dach-Cons

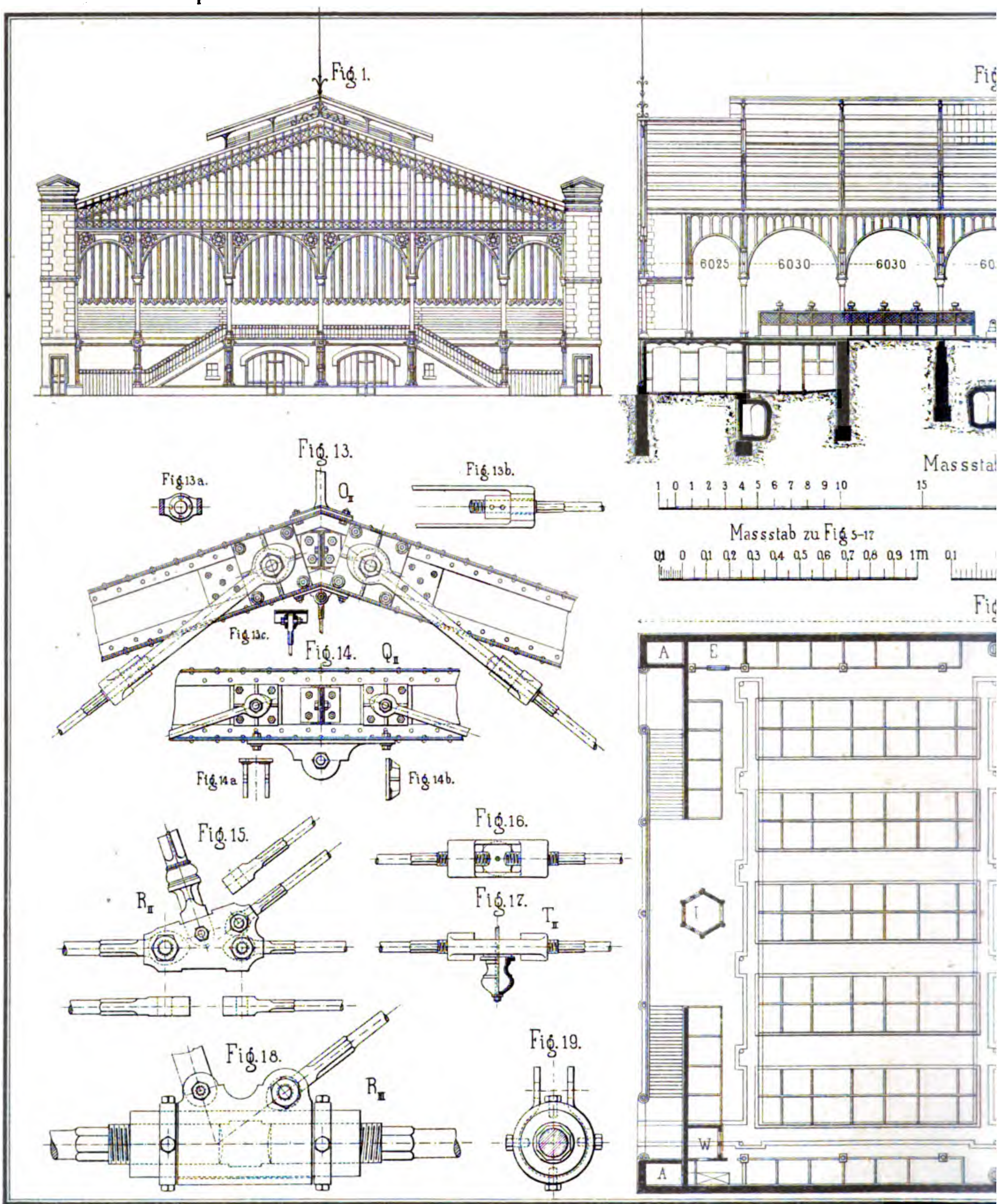


Verlag von Baumgärtners Buchhandlung. Leipzig.

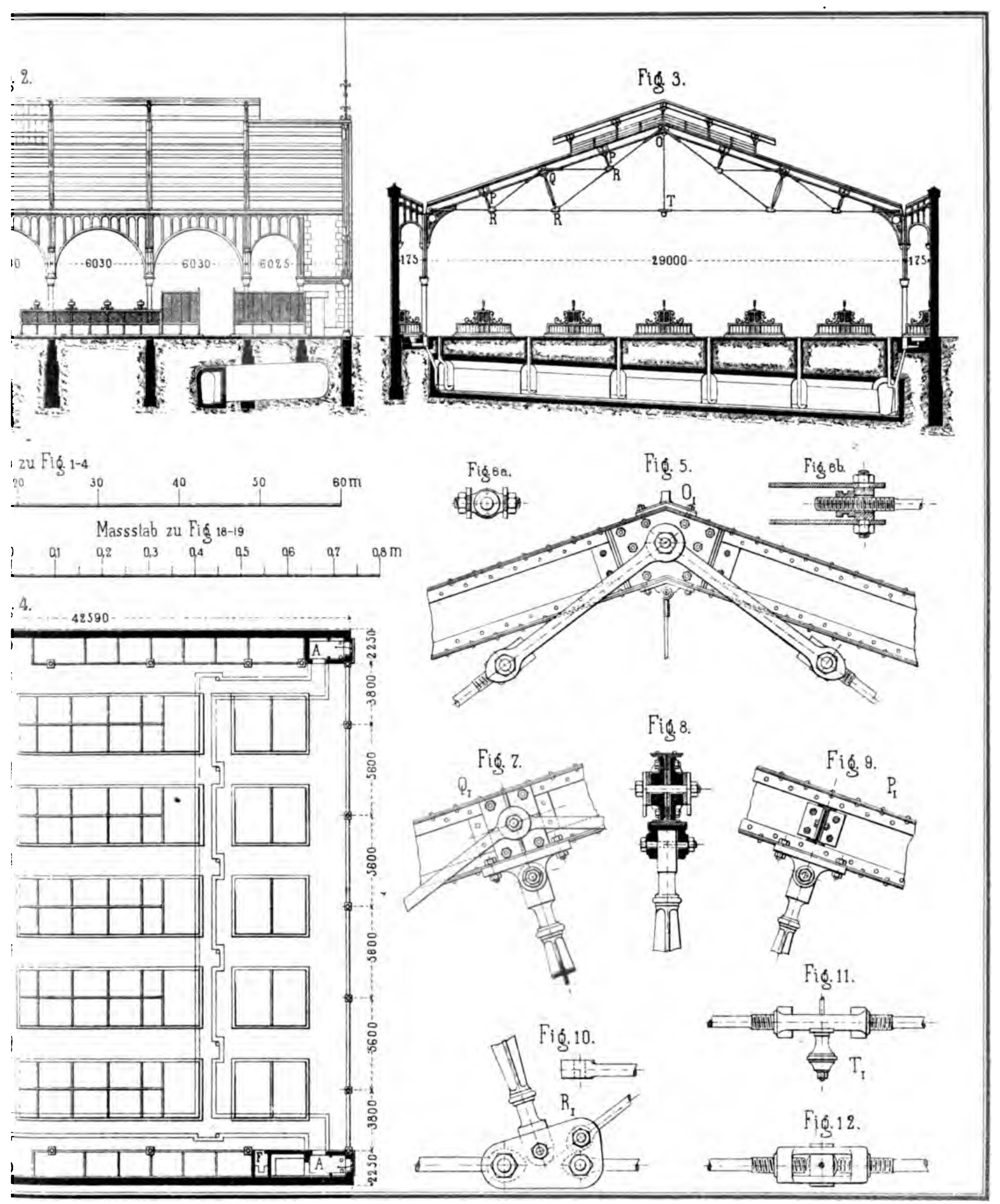


Photolithograph. Druck v. Fr. Gröber Leipzig.

Markthal

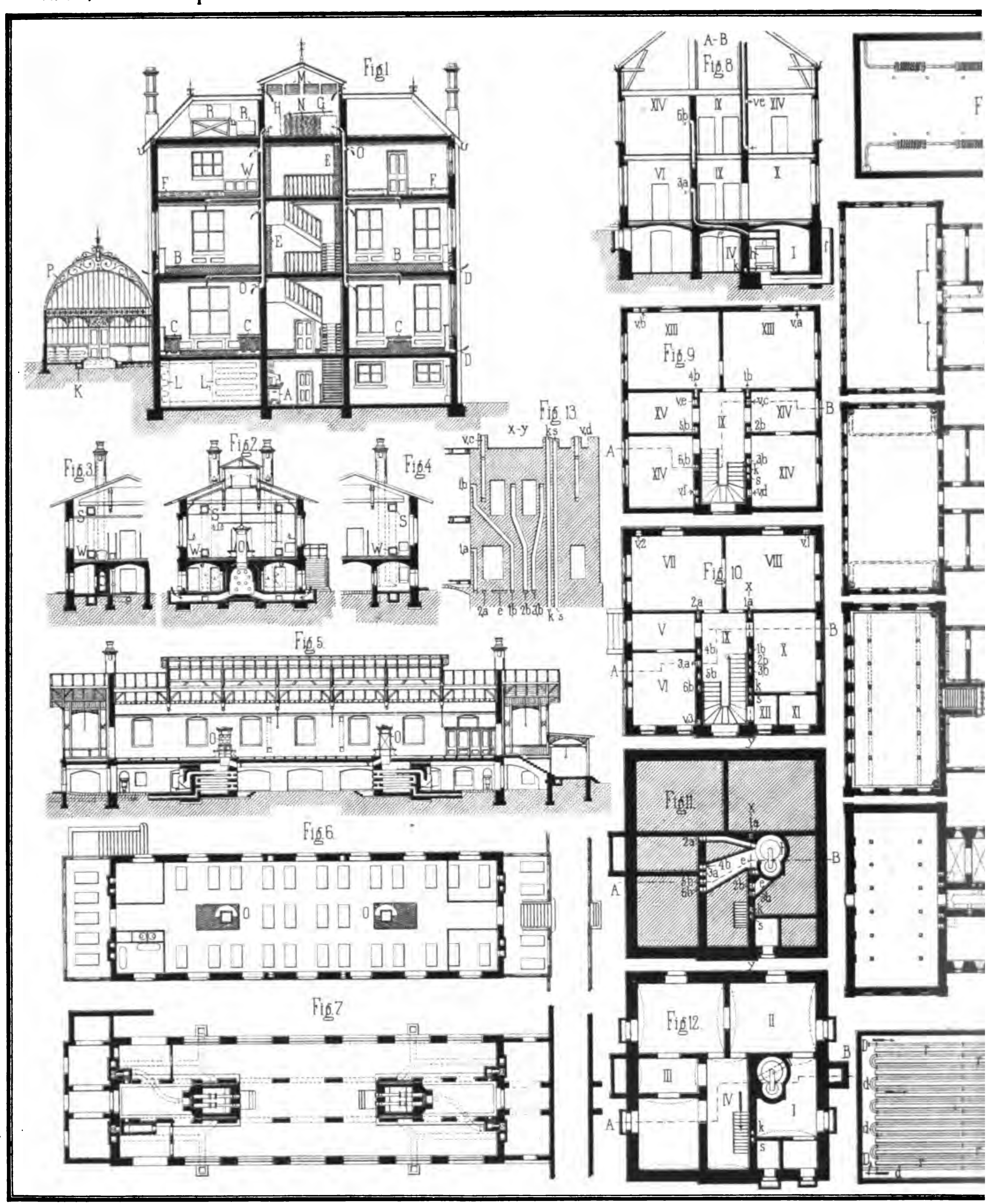


Verlag von Baumgärtners Buchhandlung, Leipzig.

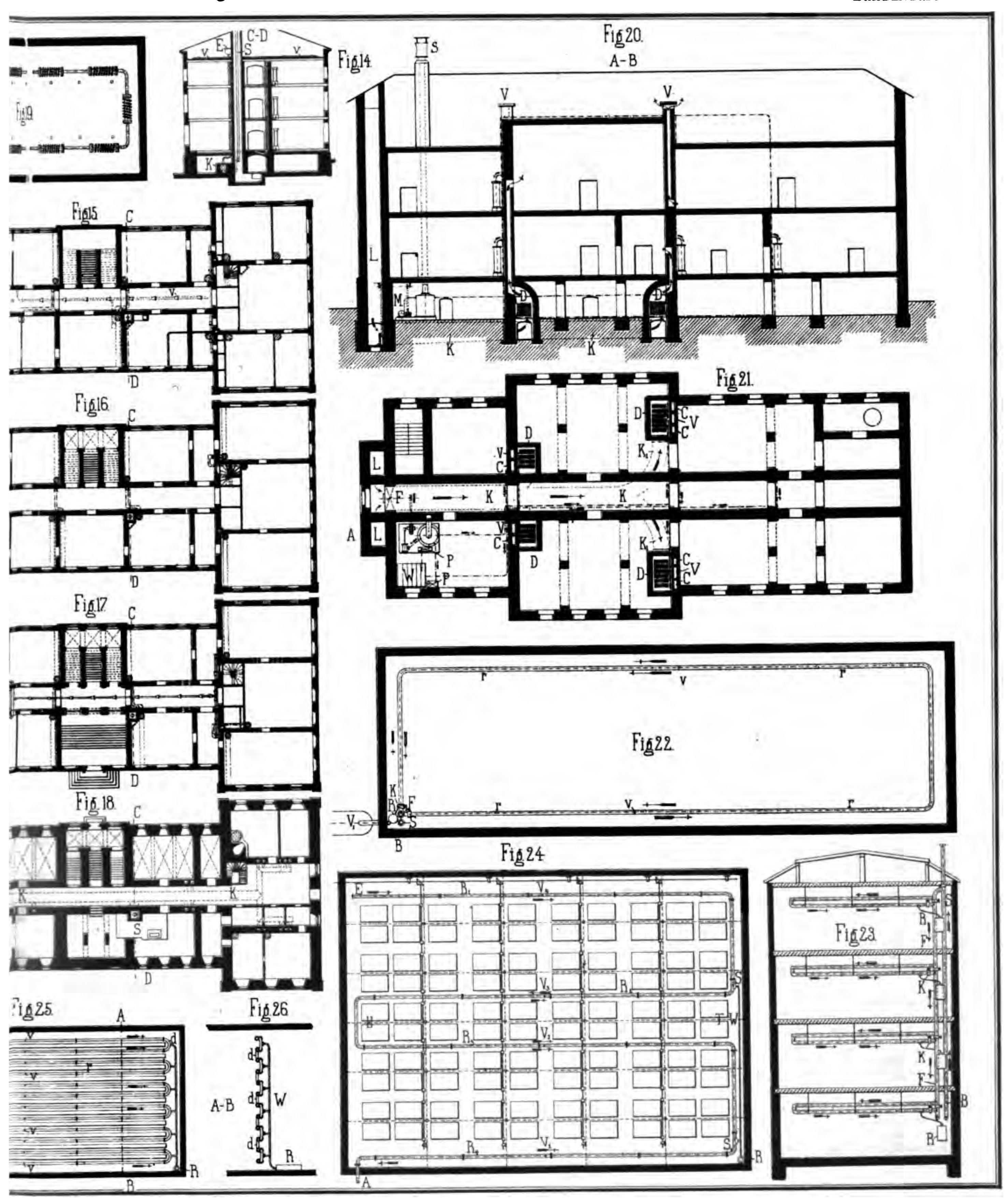


Photolithograph. Druck v. Fr. Gröber Leipzig.

Heizungs- und Ven

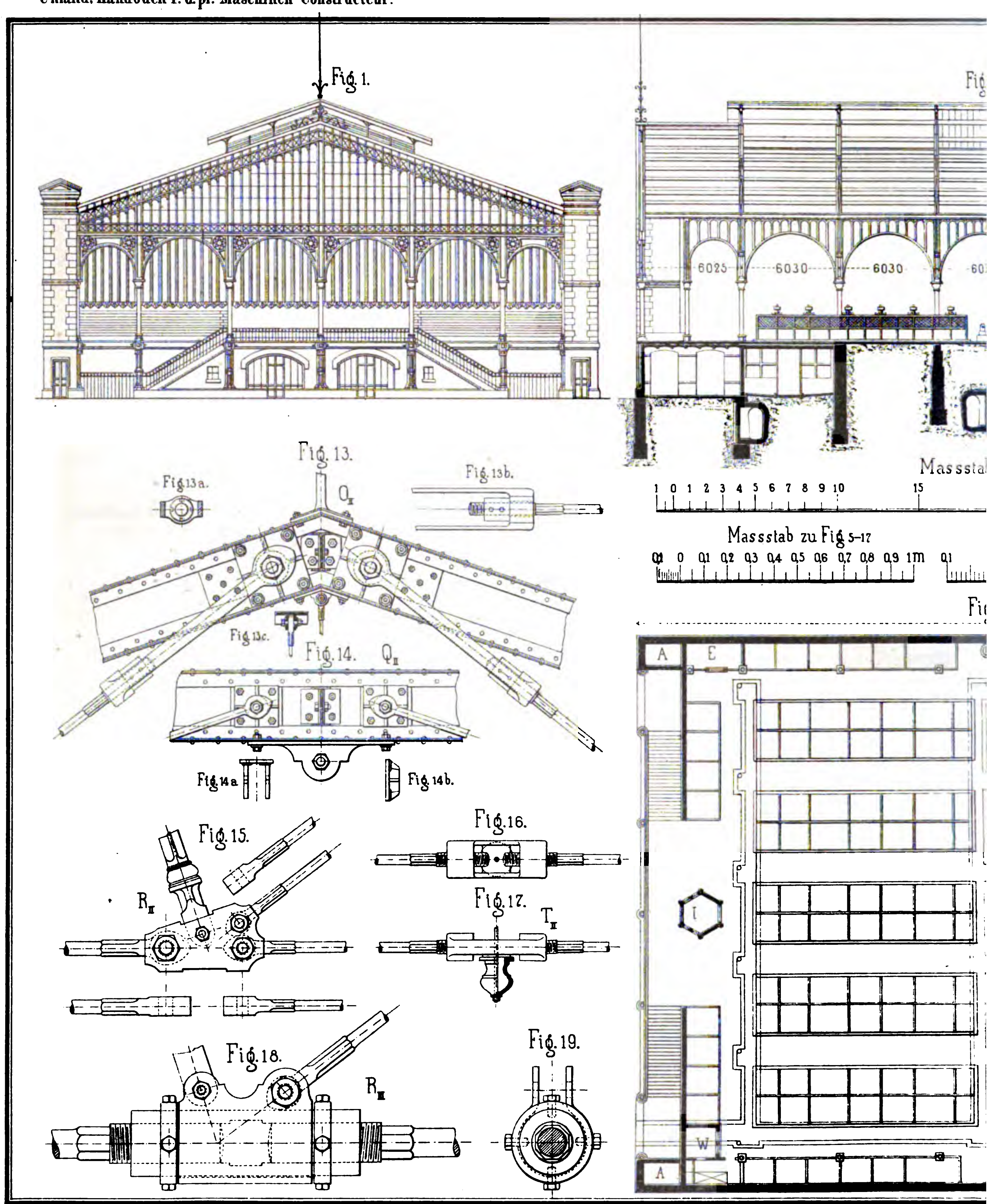


Verlag von Baumgärtners Buchhandlung. Leipzig.

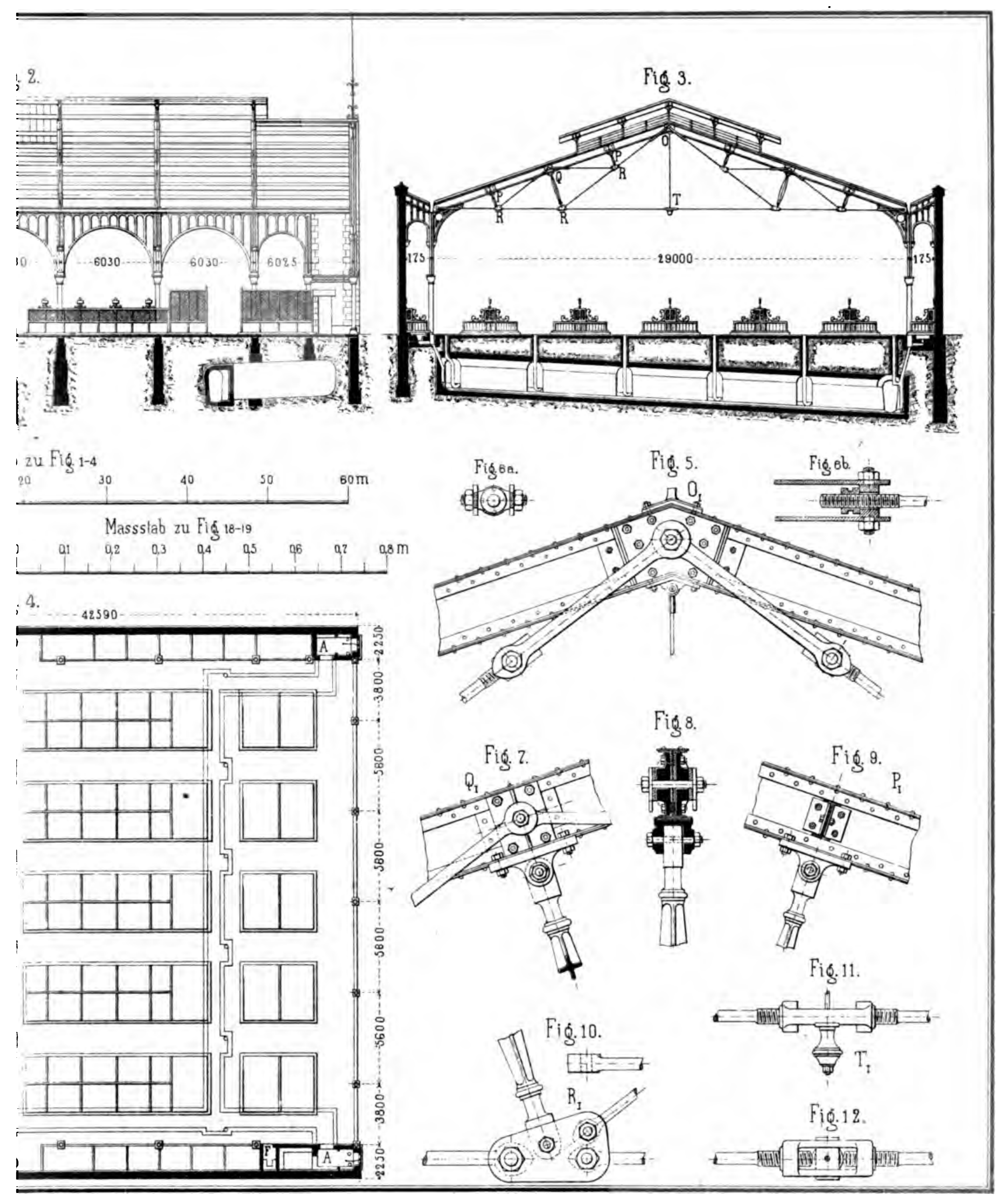


Photolithograph. Druck v. Fr. Gröber, Leipzig.

Markthall

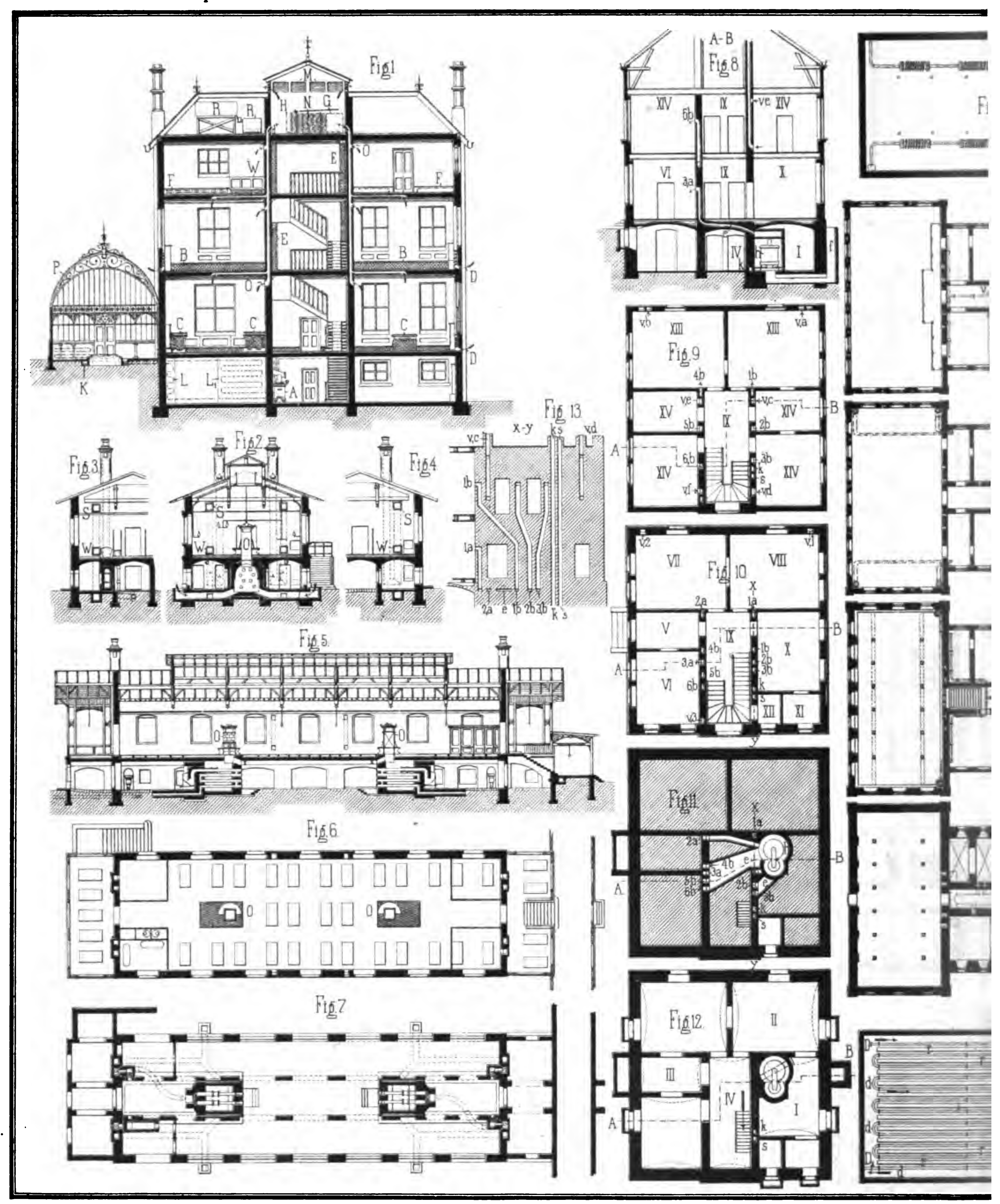


Verlag von Baumgärtners Buchhandlung, Leipzig.



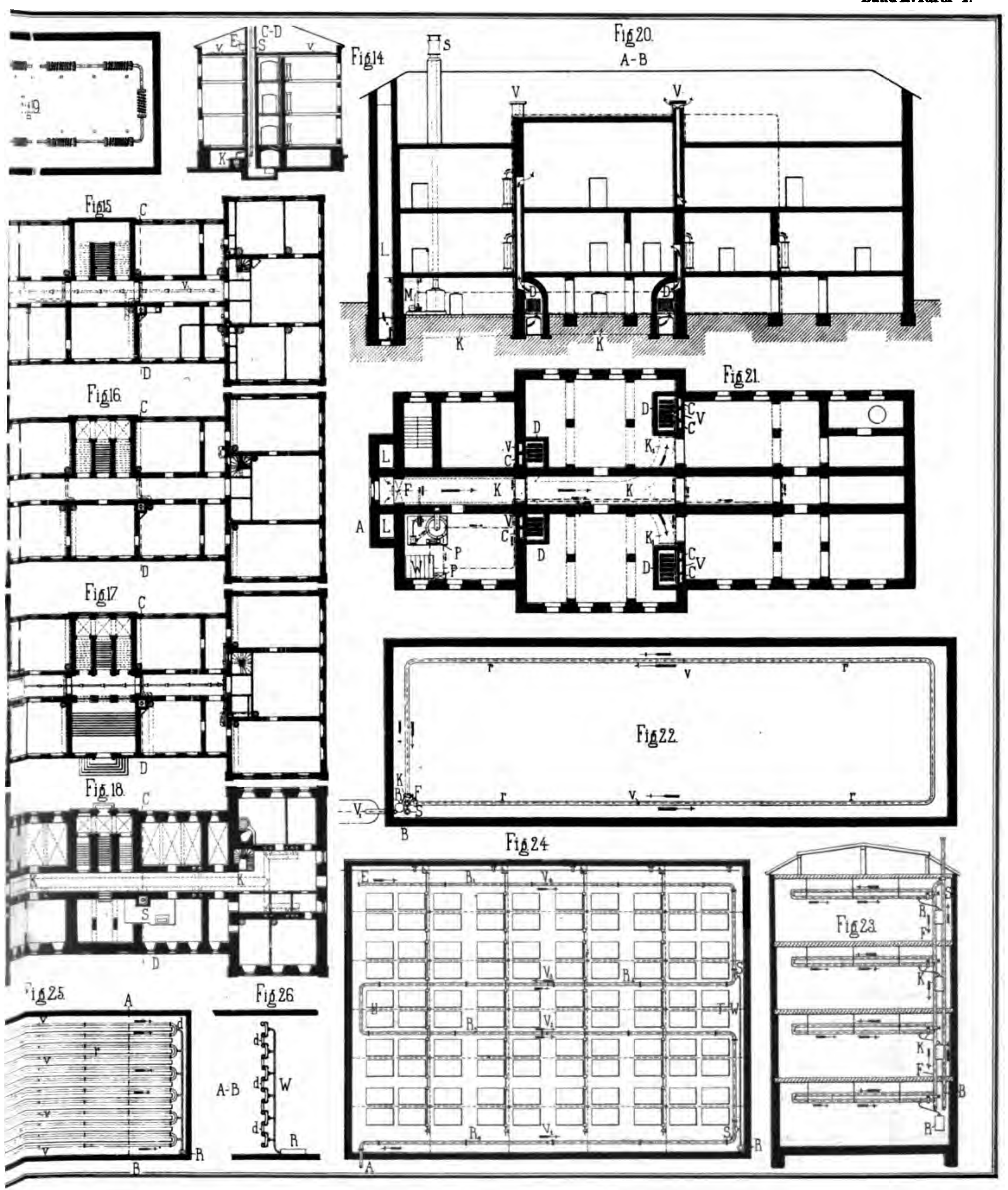
Photolithograph. Druck v. Fr. Gröber Leipzig.

Heizungs- und Ven



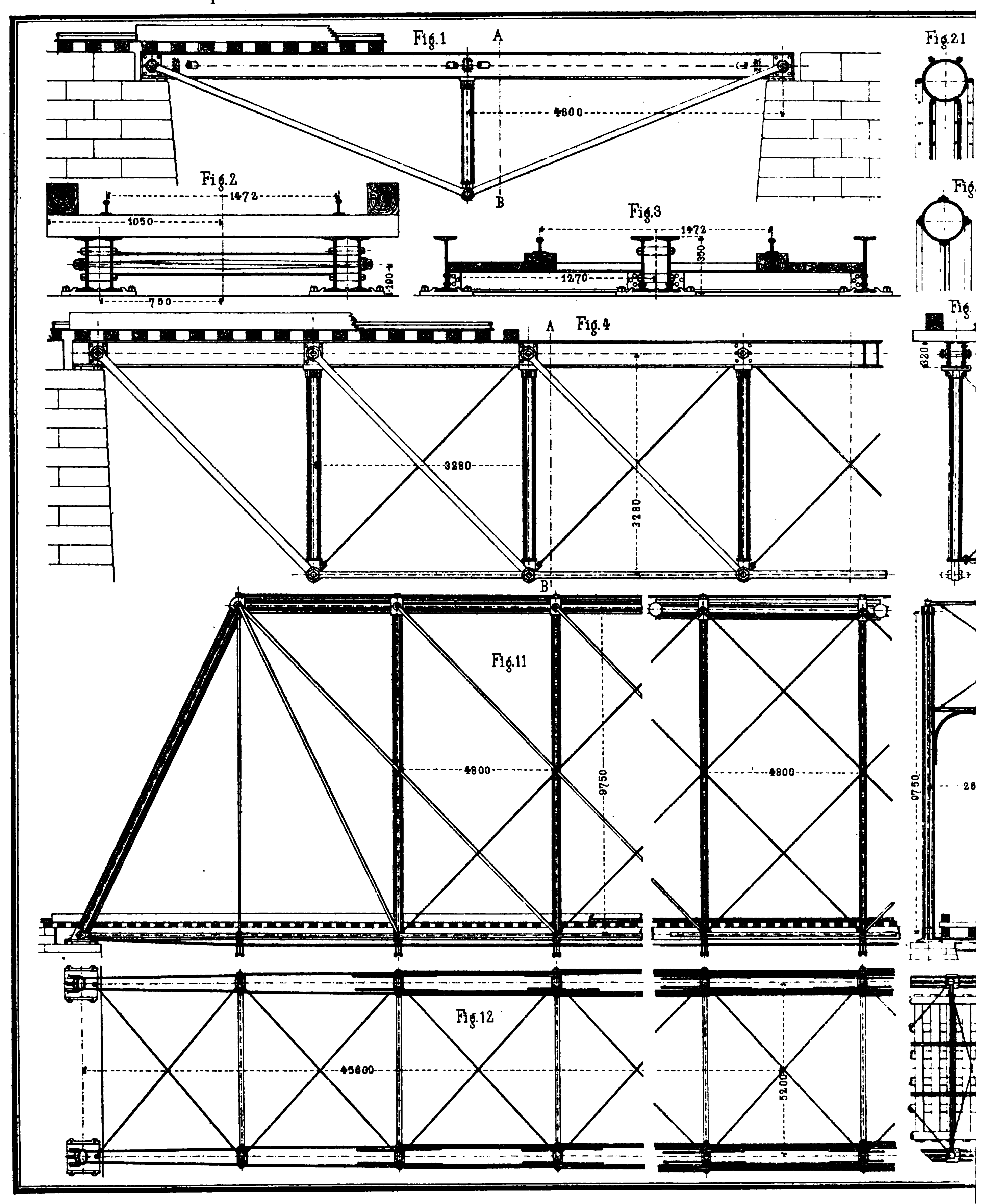
Verlag von Baumgärtners Buchhandlung. Leipzig.

ntilations-Anlagen.

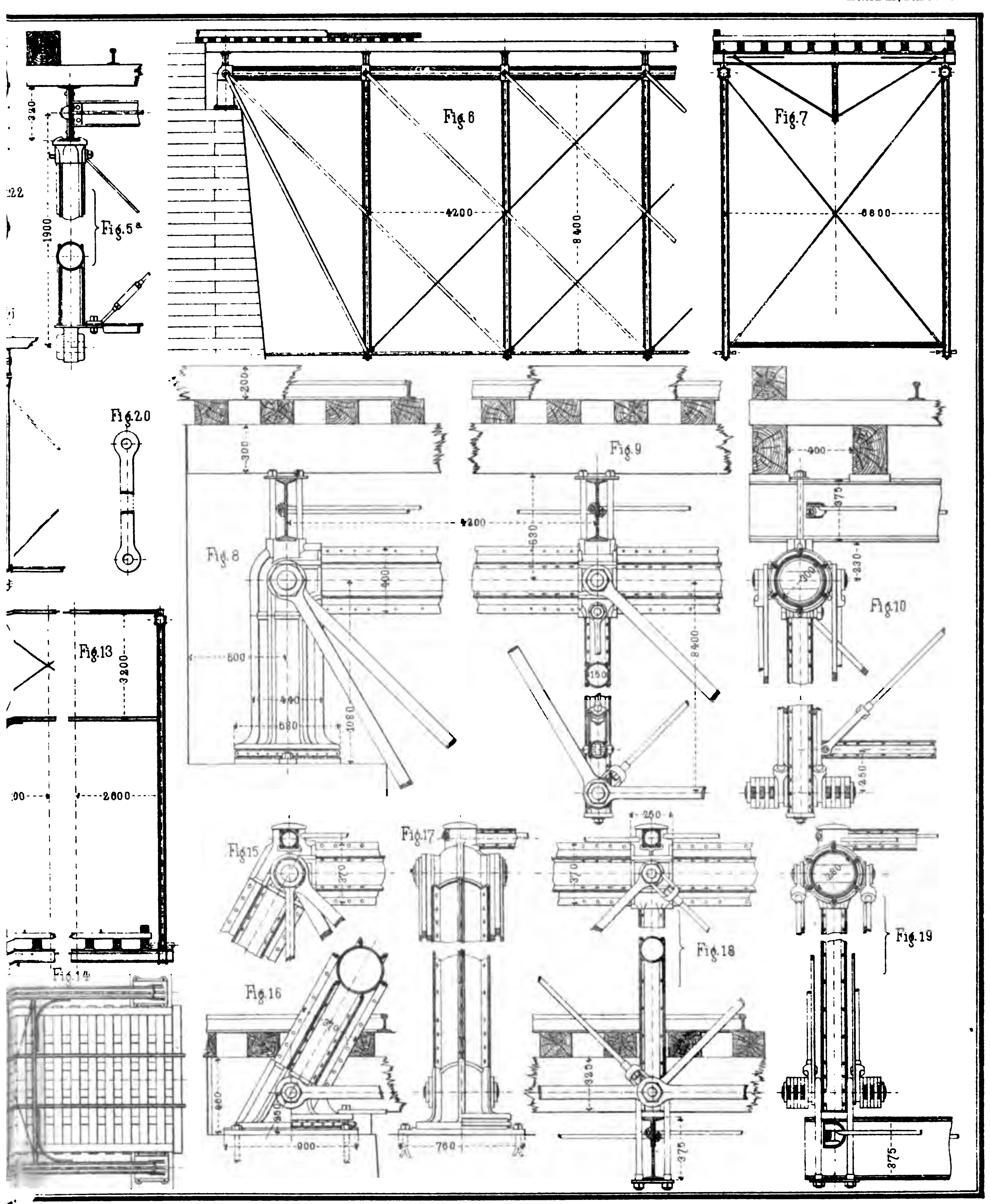


Photolithograph. Druck v. Fr. Gröber, Leipzig.

Amerikanis

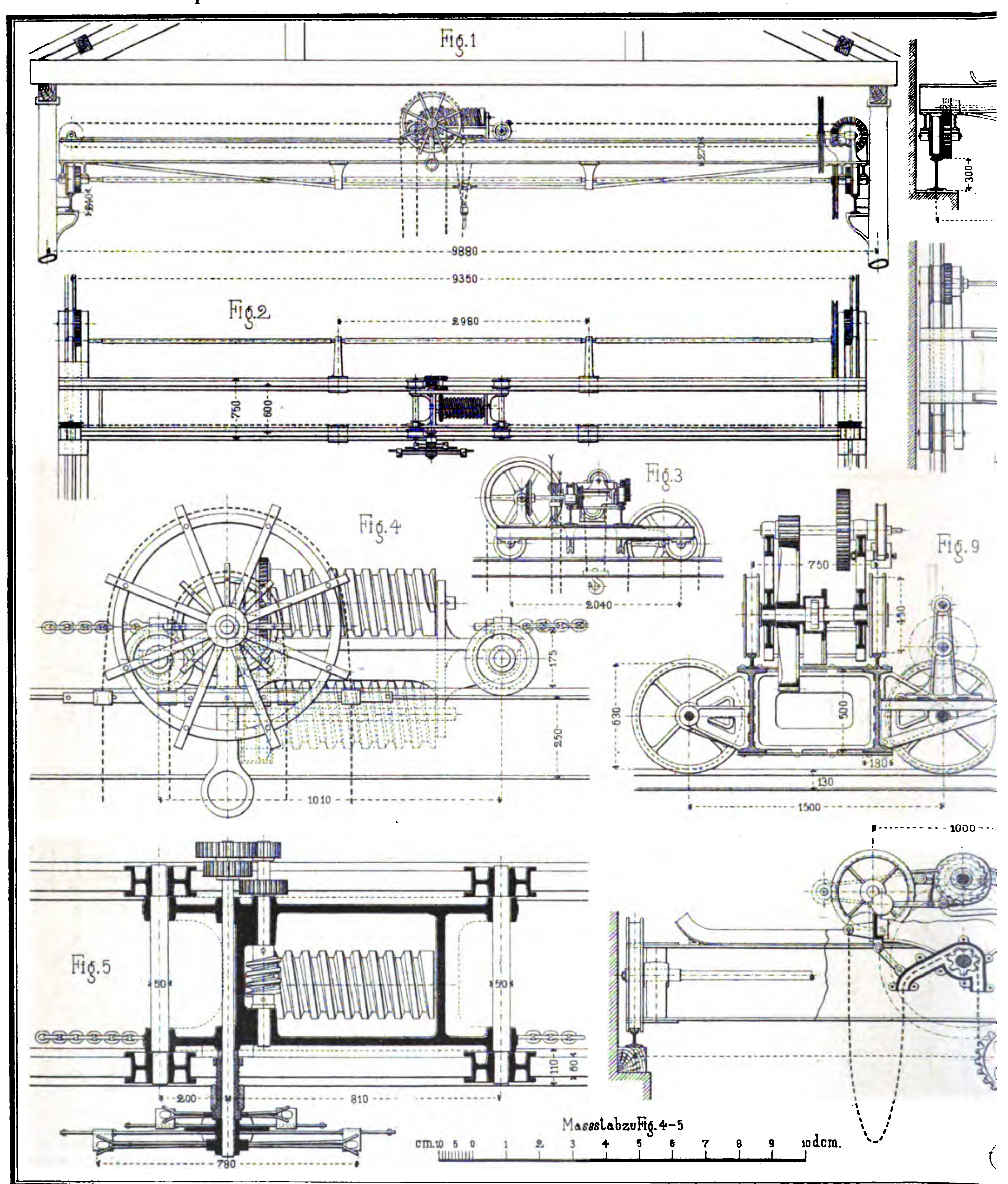


Verlag von Baumgärtners Buchhandlung. Leipzig.

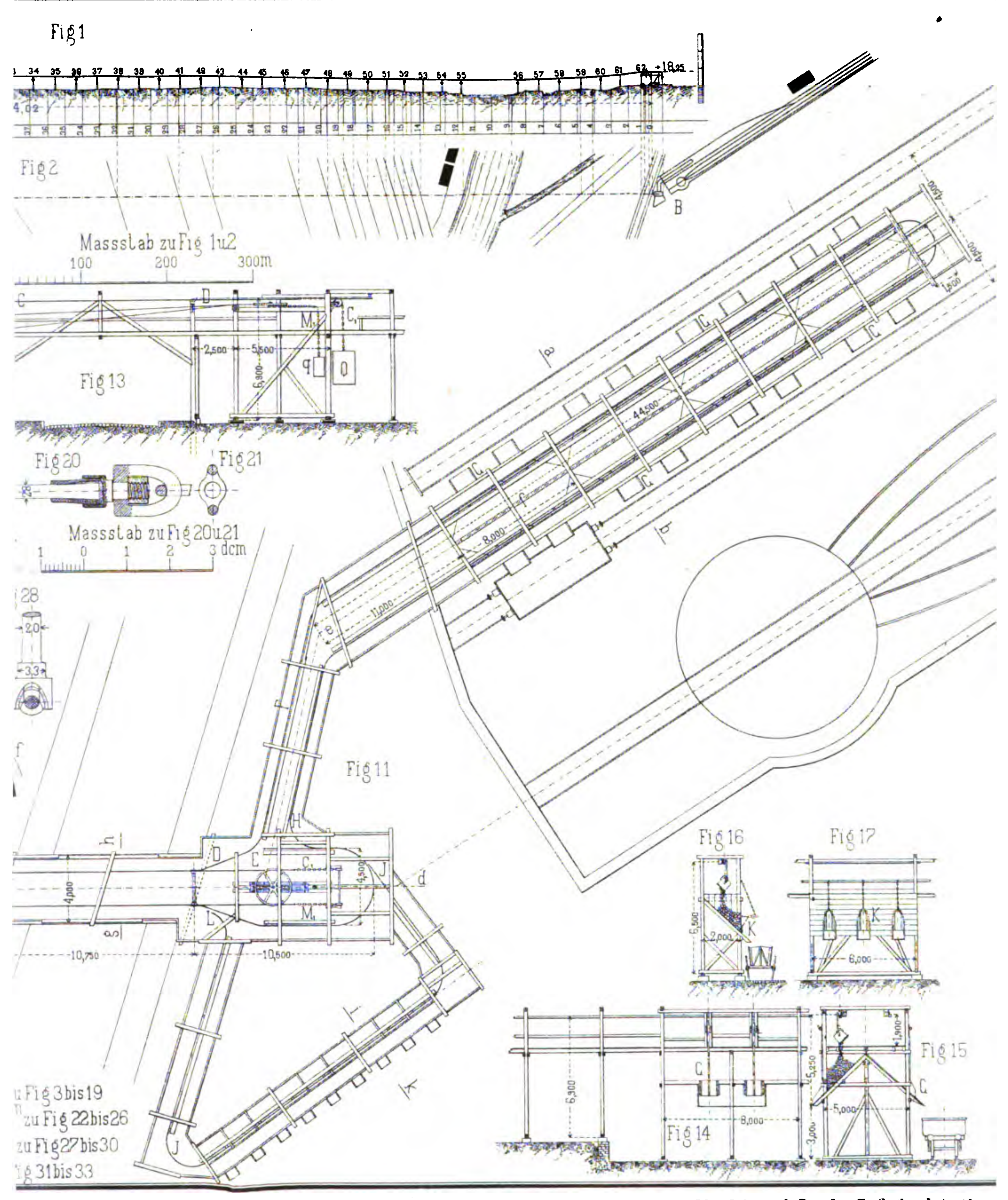


Photolithograph. Druck v. Fr. Gröber, Leipzig

Laufkra

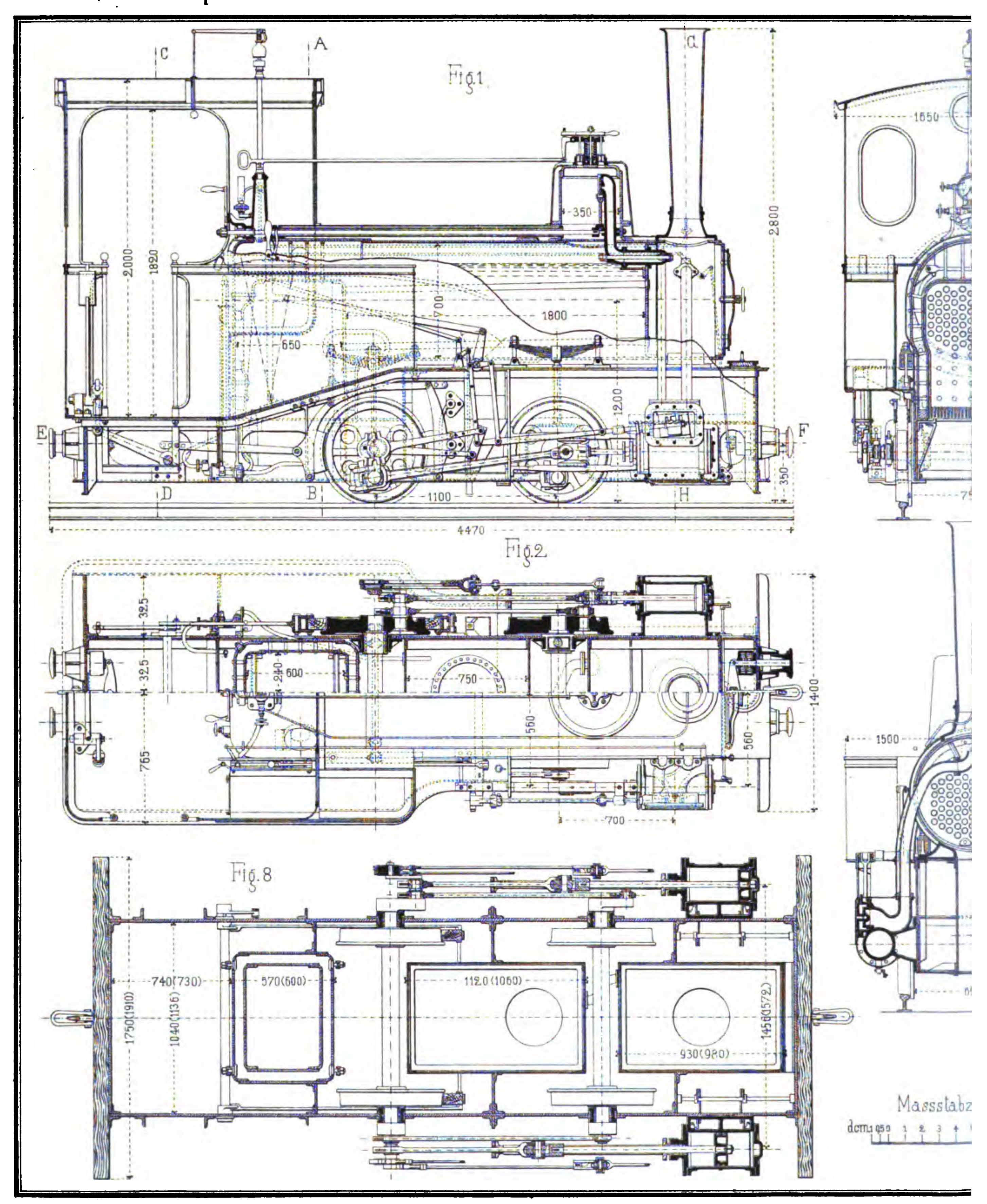


Verlag von Baumgärtners Buchhandlung, Leipzig.

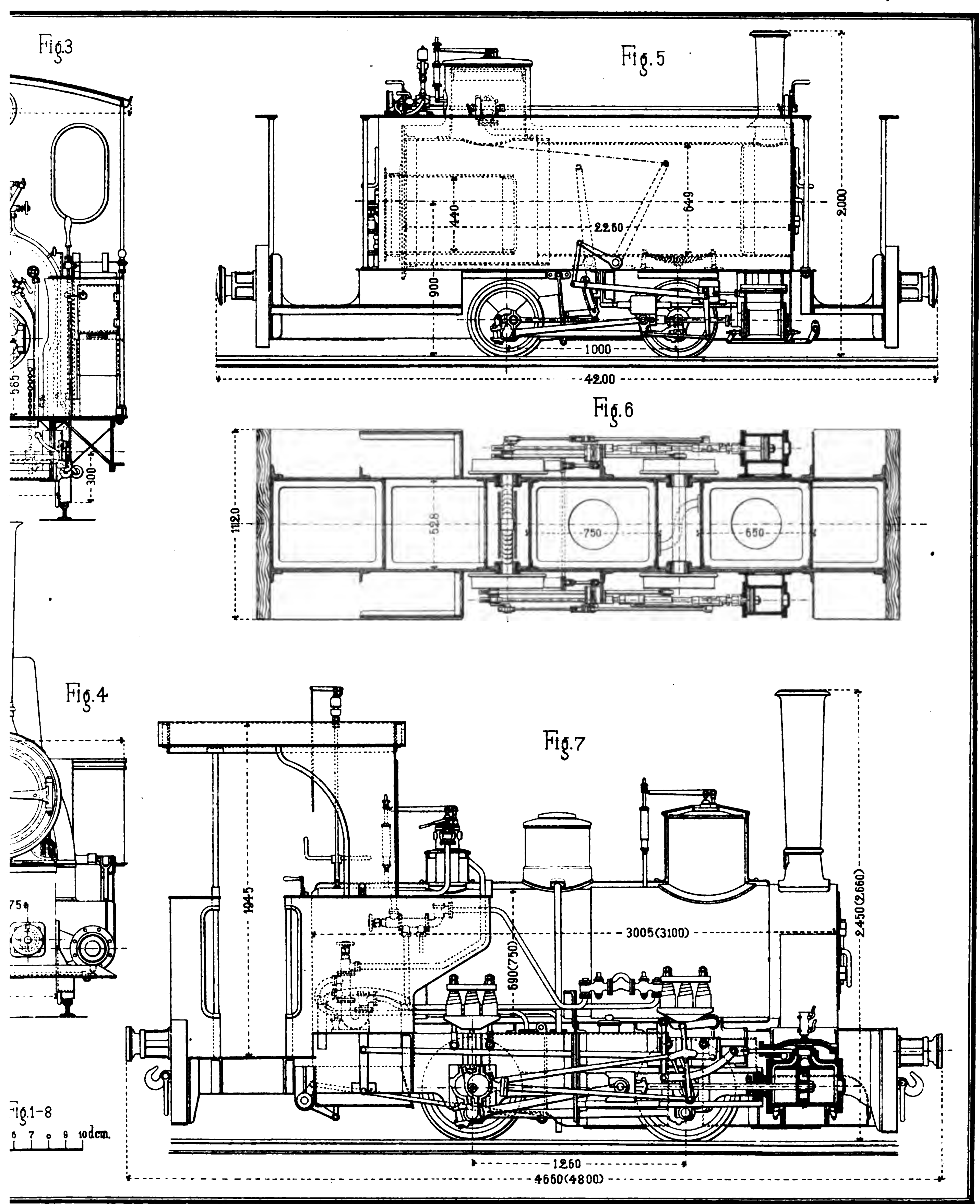


Photolithograph. Druck v. Fr. Gröber, Leipzig.

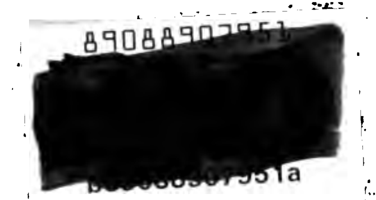
Locomotiven für Fabr



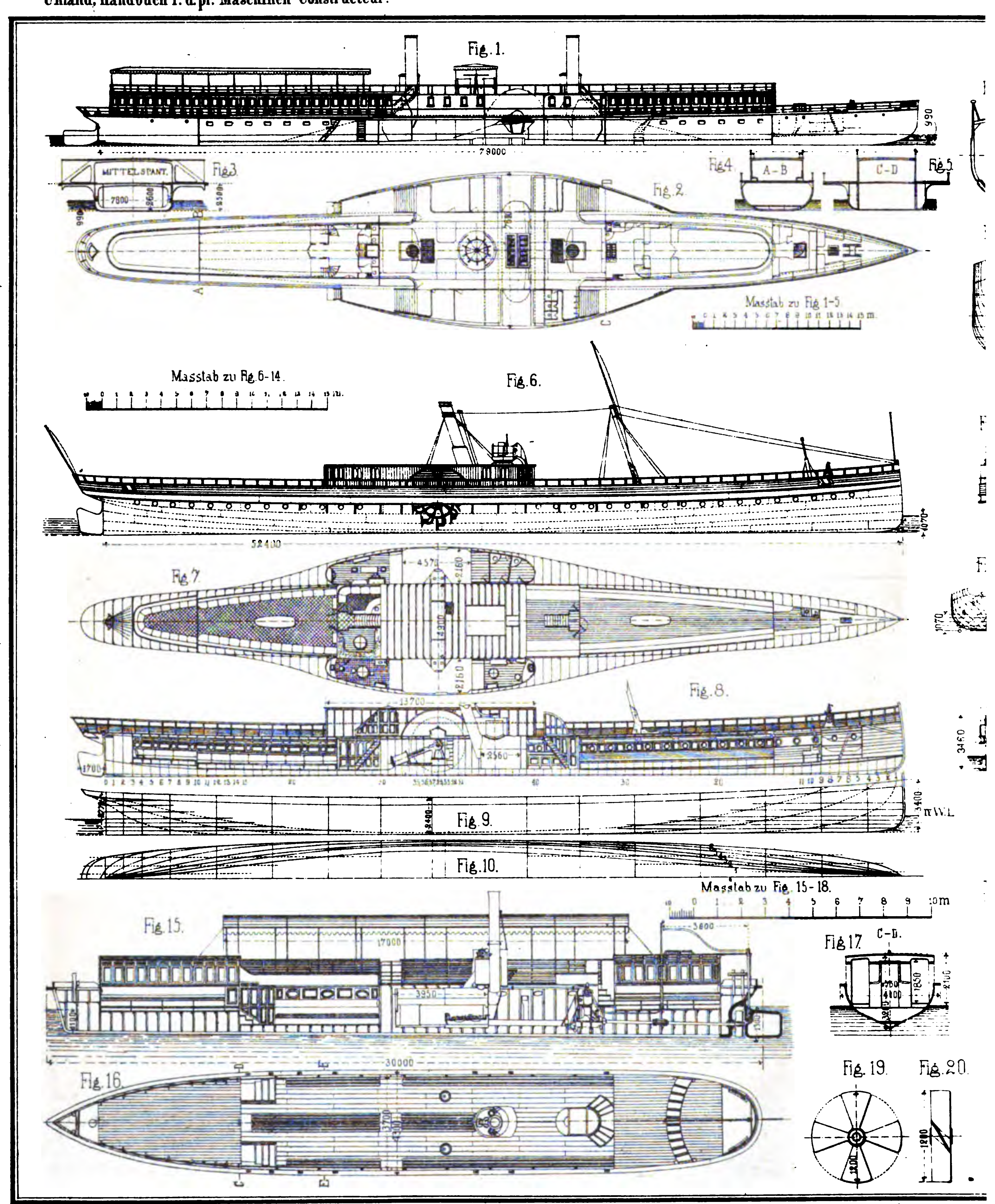
Verlag von Baumgärtners Buchhandlung, Leipzig.



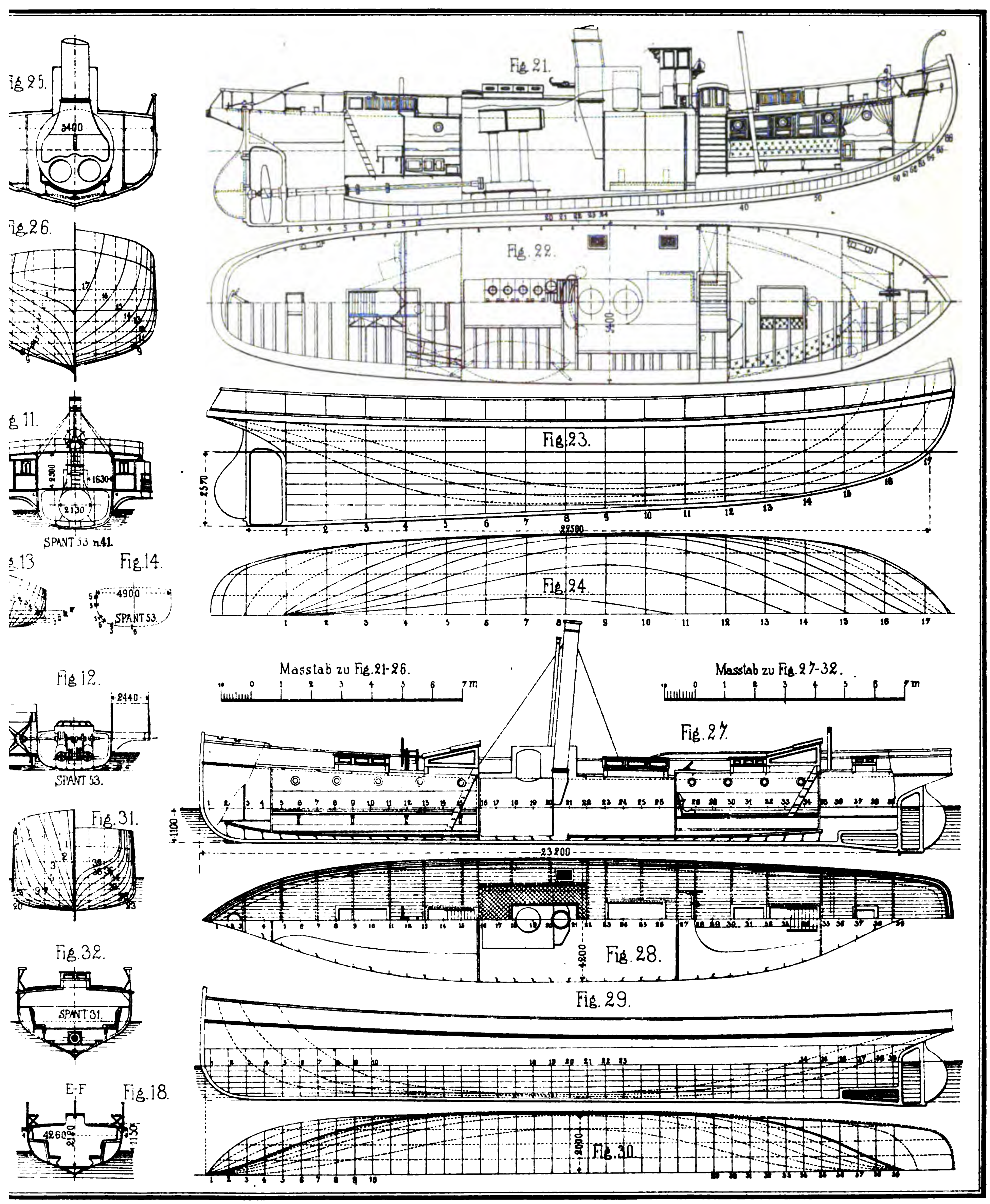
Photolithograph. Druck v. Fr. Gröber, Leipzig.


[redacted]

Eisern



Verlag von Baumgärtners Buchhandlung, Leipzig.



Photolithograph. Druck v. Fr. Gröber, Leipzig.

